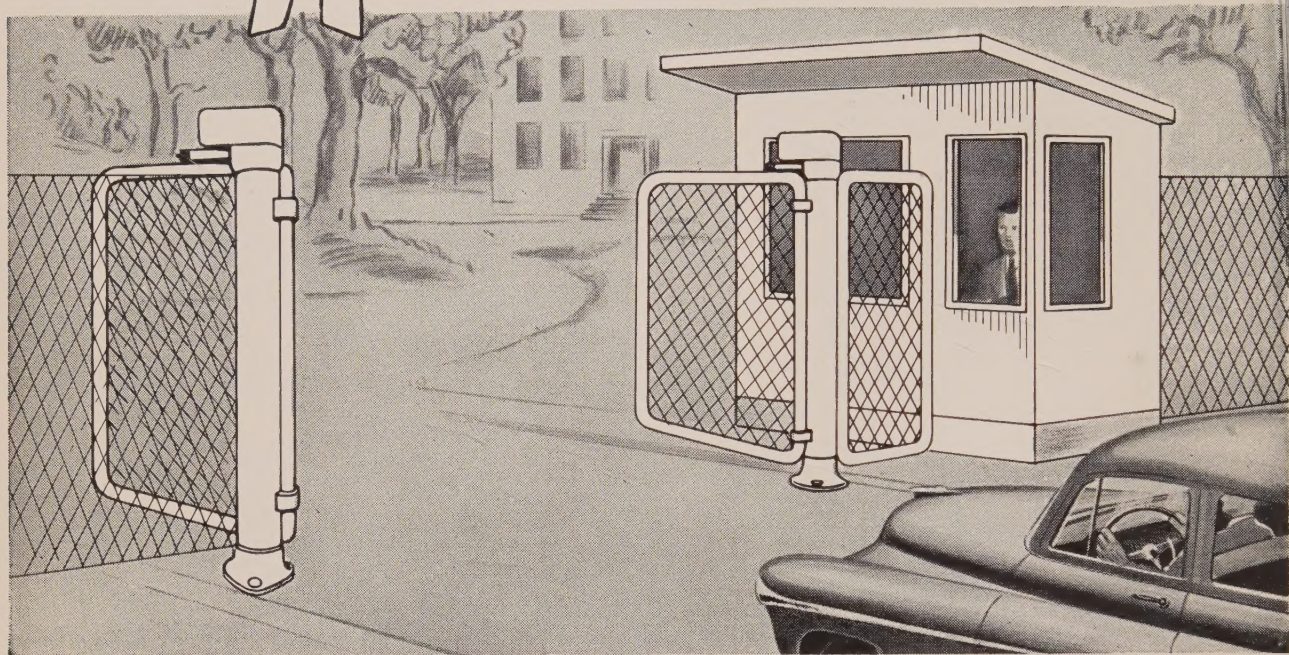




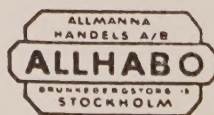
ALLHABO PORTSPECIALISTEN



ALLHABO *el-grindar* för snabb, effektiv inpasseringskontroll

ALLHABO el-grindar medger snabb kontroll och dirigerings av trafiken till och från Ert område. De är kraftiga och driftsäkra. En nyhet är att drivmaskineriet är placerat i toppen av grindstolpen,

varigenom alla de problem elimineras som annars gärna uppstår, när maskineriet är placerat i kulvert i marken. Grinden kan vid ev. strömbrott manövreras för hand. Vi sänder gärna beskrivning och ritningar.



ALLMÄNNA HANDELSAKTIEBOLAGET

Brunkebergstorg 15, Stockholm C

Tel. 23 21 50



RADHUS I GÖTEBORG

Av civilingenjör SVR Gunnar Victorin

DK 728.31 (485 Göteborg): 69.02:69.002

I stadsdelen Järnbrott i Göteborg uppfördes nyligen 42 st. radhuslägenheter i Göteborgs stads egna hemsbyrås regi. Denna radhusgrupp bildar avslutningen av ett större egna hemsområde.

Radhusen, som är monteringsfärdiga trähus i två våningar, har planerats utan källare för att om möjligt få låga kostnader, kort byggtid samt en relativt liten arbetsvolym för egna hemsbyggarens egen arbetsinsats.

Grunden utgöres av lera, och sondborringar och skärprov utfördes i för göteborgsförhållanden vanlig utsträckning.

Beträffande typ av grundläggningar undersöktes olika alternativ. Betongplatta på mark med värmeisolering var olämplig med tanke på lerans konsolidering. Radhusen är omkring 50 m långa och ojämn sättning kunde därför befarias. Det undre bjälklaget skulle således ej ligga direkt på marken utan vara upphöjt med luftmellanrum över markytan. Den enklaste konstruktionen befanns vara det vanliga träbjälklaget, lagt på enkla cementhålstensmurar och dessa i sin tur vilande på betongplattor.

För att utröna tjälrisken avtogs matjorden i tre provgropar och betongplattor med en järndubb i varje hörn nedlades på orörd lera. Precisionsavvägningar under vintern 1954–1955 utfördes sedan med jämna mellanrum. Tjäl djupet under denna vinter var i orörd ängsmark på byggnadsområdet maximalt 40 cm. Grundvattenytan mättes i olika punkter och vattennivåkartan upprättades. Avvägningarna under den kraftiga vinterperioden 7/2–7/3 visade en jämn lyftning av 11–13 mm.

Efter dessa undersökningar ansågs att grundplattorna kunde läggas 50 cm under befintlig mark under förutsättning att erforderlig dränering utfördes. Sedan matjordslagret, vilket var omkring 25–30 cm tjockt, avtagits och grundplattorna lagts med sin överkant i nivå med lerlagret, kunde matjorden uppfyllas omkring huset och marknivån hålla omkring 20 cm över angränsande mark. Grundplattorna under yttermurarna erhöles på så sätt en täckning av 70 cm. Dränering utfördes till 110 cm djup. Dräneringen ligger således under grundplattorna.

»Anvisningar till byggnadsstadgan» anger ungefärliga frostfria djup för hela landet. Enligt dessa värden varierar frostfritt djup från 0,9 m i Skåne till 2,1 m i nordligaste Norrland.

Här anges en tabell från Statens Meteorologiska Anstalts kontinuerliga marktemperaturundersökningar. Av dessa temperaturmätningar framgår till vilka ringa djup tjälen nedtränger på de olika observationsplatserna. Att märka är att dessa observationsplatser ligger långt från någon byggnad. Värmeflödet från en byggnad ned till grunden är ofta relativt stort, varför

Station och län	Markslag	d. 5		d. 15		d. 25	
		1/2 m	1 m	1/2 m	1 m	1/2 m	1 m
Riksgränsen, Norrb.	Mosand	—	+ 0,3	—	+ 0,1	—	+ 0,3
Abisko, Norrb.	Pinnmo	— 3,2	— 0,2	— 2,0	— 0,4	— 2,4	— 0,6
Kiruna, kl. 8	»	— 3,9	— 1,8	— 4,1	— 2,0	— 4,9	— 2,2
Brännberg, Norrb.	Myrjord	—	+ 2,2	—	+ 2,1	—	+ 2,1
Sunderbyn, Norrb.	Sandbl. lera	+ 0,5	+ 1,7	+ 0,3	+ 1,6	+ 0,2	+ 1,5
Luleå, Norrb.	Sandbl. lera	— 1,1	+ 0,5	— 1,4	+ 0,3	— 1,0	+ 0,2
Gisselås, Jämtl.	Myrjord	+ 0,5	+ 2,5	+ 0,4	+ 2,4	+ 0,3	+ 2,3
Lännäs, Västernorr.	Lerjord	— 1,1	+ 1,4	— 1,3	+ 1,2	— 1,0	+ 1,1
Värpnäs, Värml.	Sandbl. lera	— 3,6	+ 0,9	— 5,2	+ 0,2	— 3,4	— 0,1
Ulluna, kl. 11.30	Lerjord	+ 0,3	+ 1,3	— 0,2	+ 1,1	— 0,5	+ 0,8
Uppsala	Sandbl. lera	—	+ 1,0	—	+ 0,8	—	+ 0,5
Experimentalf., Stockholm	Lerjord	+ 1,2	+ 2,1	+ 0,7	+ 1,7	+ 0,8	+ 1,5
Nyckelby, Stlm Våning, Södermanl.	Mosand	—	+ 1,8	—	+ 1,4	—	+ 1,4
Dingle, Gbg o. Bohus.	Grusbl. lera	+ 0,9	+ 2,3	+ 0,8	+ 2,0	—	+ 1,9
Tornby, Östergötl.	Lera	+ 0,2	+ 1,4	— 0,6	+ 1,1	— 0,2	+ 0,9
Skara, Skarab.	»	+ 1,5	+ 3,6	+ 0,5	+ 2,6	— 0,5	+ 2,0
Lanna, Skarab.	Styv lera	— 0,9	+ 1,4	— 2,2	+ 1,0	— 1,9	+ 0,4
Flahult I, Jönk.	Vitmossejörd	+ 2,2	+ 4,5	+ 2,0	+ 4,4	+ 1,4	+ 4,0
Flahult II, Jönk.	Sandjord	+ 0,9	+ 2,0	+ 0,3	+ 1,6	— 0,5	+ 1,2
Ölvingstorp, Kalmar	Sandbl. lera	+ 1,4	—	+ 1,4	—	+ 1,4	—
Svalöv, Malmöhus	Styv lera	+ 1,2	+ 3,0	+ 0,8	+ 2,5	+ 0,6	+ 2,0
Alnarp, kl. 13	Mull.lättl.	+ 1,8	+ 3,5	+ 1,3	+ 2,8	+ 1,4	+ 2,6
Malmöhus							

Statens Meteorologiska Anstalts temperaturmätningar februari 1956. Jordtemperatur kl. 7 på 1/2 och 1 meters djup

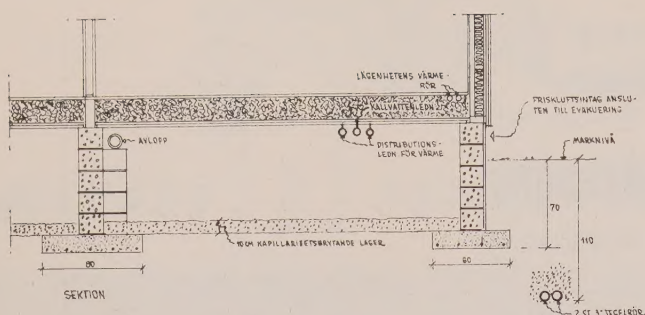
man skulle förmoda, att frostfria djupet i många fall är betydligt mindre än de djup, som anges i »Anvisningar till byggnadsstadgan».

För att utesluta risken för röta i träbjälklaget har friskluftsventiler insatts i grundmurarna samt evakueringskanal från lufttrummet under träbjälklaget, till yttertak, anordnats i varje lägenhet. Vidare har bjälkar och blindbotten impregnerats mot röta.

Ytterväggen består av, inifrån räknat, 9 mm gips-skivor, papp, 1 1/2" plank, 8 cm stenull mellan regler, papp och ytterklädsel. Bjälklagen är vanliga träbjälklag.

Att använda en plankvägg kan synas ålderdomligt, men plankväggen har valts av följande skäl:

1. Den tunna plankväggen är ur konstruktiv synpunkt en bärande skivkonstruktion, där håltagningar kan utföras och radiatorer m. m. upphängas. Det är en flexibel konstruktion som på ett enklare sätt än stolpkonstruktionen möjliggör framtida förändringar av huset.
2. Plankväggen är lätt att tillverka i en trähusfabrik. (Den uppföres f. ö. snabbt även i lösverke.)
3. Man har möjligen något värmemagasin i planken.
4. Plankväggen är i dag obetydligt dyrare än stolpväggen (några hundra kronor per lägenhet).

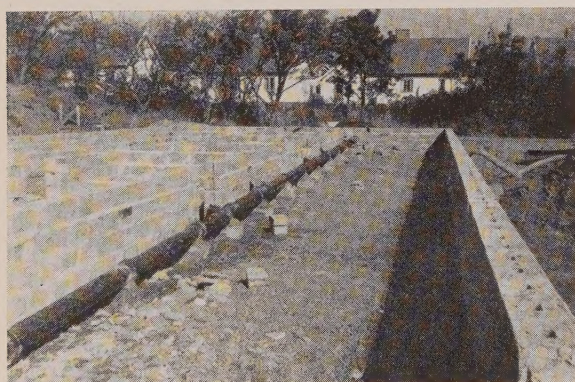


Ovan: Sektion. Skala 1:60

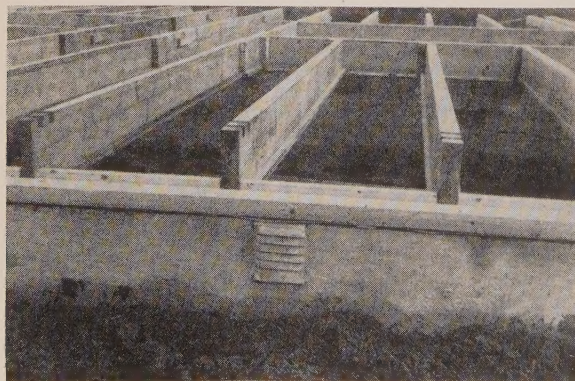


Ovan: Slamning av grund av cementhålstén uppförd på enkla grundsträngar

Nedan: Avloppsledningarna ligger fria under huset, över markytan



Nedan: Träbjälklag utlagt på cementhålstensmurarna. Uttag i bjälkarna för resp. lägenhets värmeledningsrör. Distributionsledningarna monteras hängande under träbjälklaget



I varje lägenhet har en matkällare anordnats under innertrappan. På lerbotten i höjd med grundplattorna har betonggjutning utförts för golv i matkällare. Matkällaren ligger således lägre än bostadsvåningen och är väl värmeisolerad.

Den lägenhetsskiljande väggen har utförts enligt följande: 9 mm gipsskiva, 1" råsp., 6 cm stenullsskiva, 1½" × 5" reglar, 1" råsp., 9 mm gipsskiva. De två väggskivorna står givetvis utan direkt kontakt. Medelvärde för väggens ljudisolering inom frekvensområdet 100–3 200 p/s är 56 decibel.

Sedan matjorden avtagits, plattorna gjutits, murningen utförts och första träbjälklaget utlagts, restes stommen med tillhjälp av en kran. Kranen utgjordes i detta fall av en grävmaskin, försedd med kranarm. Överenskommelse träffades med snickarna och deras ombudsman om en viss reducering av gällande ackordslista. Man erhöll en lägre resningskostnad per radhus men utan att ackordstimförtjänsten för snickarna blev lägre än vid resning för hand. Grävmaskinens arm demonterades lätt, och en stund efter stomresningen gick grävmaskinen i normala schaktarbeten. Sedan bottenbjälklaget utlagts restes stommen till en radhuslänga om 6 lägenheter på ca 13 timmar, varvid en maskinskötare och 5 st. snickare var i verksamhet.

Inredningsarbeten såsom inläggning av golv, gipsskivor på väggar och tak, insättning av färdiga skåp samt målning utfördes som s. k. självbyggeri, dvs. resp. egnahemsägare utförde dessa arbeten själv och i priset ingår endast materialkostnaden för sådana arbeten.

Beträffande själva principen om egnahem skall utföras fullt färdiga och sedan försäljas eller om även den blivande egnahemsägaren skall deltaga i arbetet råder ju delade meningar. Graden av självbyggeri kan ju även diskuteras. Egnahemsbyggaren kan utföra schaktningsarbeten, betonggjutningar, murning, stomresningsarbeten m. m. själv. En central institution kan även ombesörja dessa arbeten och egnahemsbyggaren behöver t. ex. endast ombesörja inredningsarbeten. För dessa radhus har man stannat för det senare alternativet. Med självbyggeri för inredningsarbeten får man vidare den fördelen, att egnahemsbyggaren kan utföra smärre ändringar i planlösningen och själv ansvara för själva finishen invändigt. Genom självbyggeri reduceras givetvis kontantinsatsen. Ett sätt att öka byggnadsverksamheten för egnahem vore att utnyttja de människor, som är villiga att använda fritid och semester för att till en lägre kostnad skapa ett eget hem, vilket med nuvarande belåningsgränser har större betydelse än tidigare. För att leda en sådan verksamhet erfordras en viss organisation. Det är givet att självbyggeri passar endast för vissa människor. För många är det naturligare att köpa en färdig bostad, och det är givetvis ur rationell byggnadssynpunkt bättre (och enklare!) att bygga egnahemmen fullt färdiga och sedan försälja dem. Båda formerna bör kunna användas för olika byggnadsområden, och man får välja den form som passar bäst för den blivande egnahemsägaren.

Uppvärmningen av radhusen sker från en mindre central, vilken f. ö. är försedd med en 18 m hög

plåtskorsten, utförd av 2 mm plåt och med 30 cm diameter. Skorstenen utfördes i enmetersektioner emaljerade ut- och invändigt med blå syrafast emalj. Då det var ett starkt önskemål att få upp rökgaserna över ett angränsande egnahemsområde, ansåg man det nödvändigt att utföra en relativt hög skorsten. Plåtskorstenen, vilken tillverkats hos Kockums Emaljverk, uppfördes till lägre kostnad än motsvarande tegelskorsten. Exempelvis hade pålning varit nödvändig för en skorsten av tegel, vilket ej var erforderligt för plåtskorstenen. Skorstenen stagas med 3 st. 8 mm rostfria wirar. Sotningen utföres med en viska, som drages upp och ned med inne i skorstenen löpande rostfria wirar, som manövreras från marknivån.

Distributionsledningarna för uppvärmning hänger omedelbart under träbjälklaget och mellan de båda ledningarna är kallvattenledningen placerad. Avloppsledningarna ligger uppellade på betongpallar, vilka vilar på en av hjärtväggsplattorna. Man har således undvikit schaktning för ledningar under radhusen. Eftersom utrymmet mellan mark och träbjälklag är minst 70 cm är utrymmet krypbart för inspektion och ev. reparation av ledningar. Varje radhuslänga har endast en vatten- och avloppsservis och en huvudvattenmätare. I varje lägenhet är en subvattenmätare monterad.

Ett bjälklag som ligger över mark kan under vissa förhållanden erhålla en så låg temperatur att det känns kallt. För att undvika detta har bjälklaget isolerats med packad stenull samt värmerör tillhörande det lokala värmeledningsnätet lagts i på fabriken gjorda urtag i golvbjälkarna nära ytterväggen.

Rörledningarna till resp. lägenhet har i stor utsträckning tillverkats monteringsfärdiga å verkstad. Beträffande rörinstallationer hänvisas till särskild artikel.

Marken under träbjälklagen har täckts med 10 cm stenflis för att undvika kapillärl sugning. Det visade sig nämligen omöjligt att erhålla icke kapillärt sugande grus.

I Amerika och även andra länder, t. ex. Danmark, anger man att det vore lämpligt att använda en varaktig tät membran på markytan när »crawl space» användes. För att undersöka detta avses att i något av dessa radhus inlägga en papp. Fuktmätningar för luft och träbjälklag planeras komma till utförande genom anslag från Statens Nämnd för Byggnadsforskning. Temperaturmätningar i marken på olika djup utföres även för att undersöka den temperaturförhöjning som erhålles i marken på grund av värmeströmmen från byggnaden.

Samtliga lägenheter innehåller 6 rum och kök samt ca 60 m² (i vissa fall inredningsbara) vindsutrymmen.

De normala änd- och mellanradhusen har en ungefärlig lägenhetsyta av 127 m² (typ A).

Det mindre ändhuset har en ungefärlig lägenhetsyta av 97 m² (typ B).

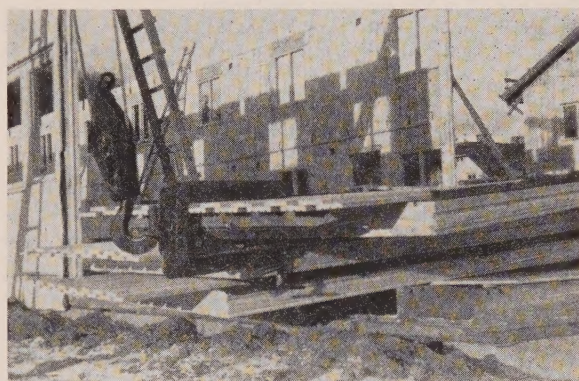
De flesta husen är försedda med kallgarage om ca 20 m².

Kostnader och belåning beräknas bli följande:

Byggnadskostnad pr m² lägenhetsyta för det större radhuset exkl. garage utgör 395:– kronor.



Ovan: Monteringsfärdiga yterväggsblock lyftes med kran (grävmaskin)

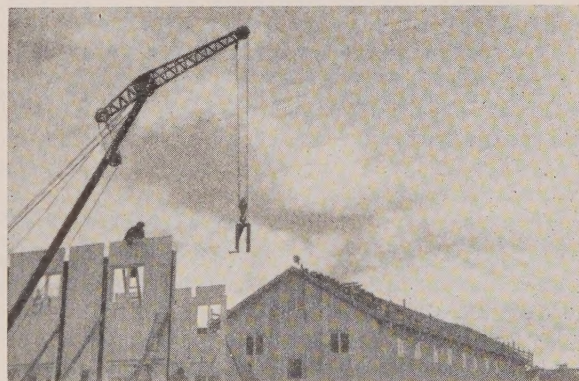


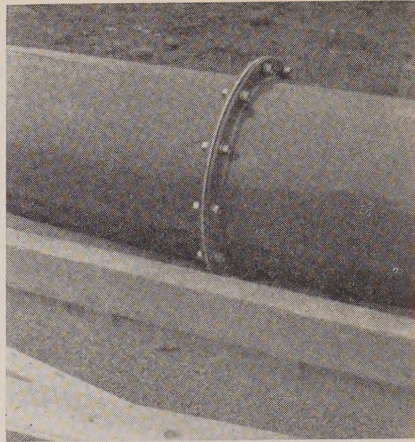
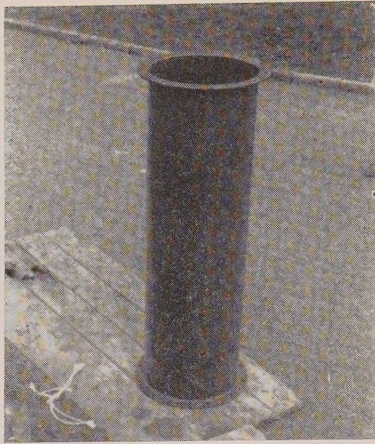
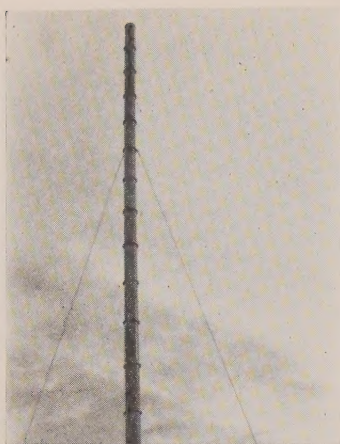
Ovan: Lyftanordning för väggblock

T. h: Yterväggsblock lyftes på plats

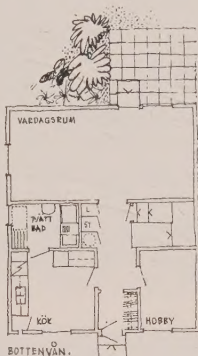
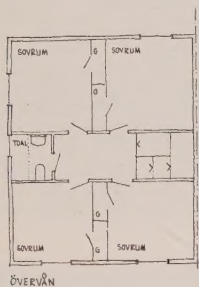


Nedan: Kranen med den enkla lyftanordningen





Ovan t. v: 18 m hög emaljerad plåtskorsten
Ovan i mitten: Sektion för plåtskorsten, längd 1 m, diameter 0,30 m
Ovan t. h: Plåtskorstenssektioner sammansatta med rostfria bultar



Planer. Skala 1: 300

Årskostnaderna beräknas till de belopp, som framgår av tabellen nedan.

Härav utgör i medeltal ca 400 kr amortering.

Man erhåller således 6 rum och kök jämte garage (127 + 20 m²) för en månadskostnad (utom amortering) av omkring 230 kr. Med avdrag av 240 kr för garaget blir kostnaden per kvm lägenhetsyta och år 21: 70 kr.

Husen är ritade och uppförda i Göteborgs stads egnahemsbyrås regi.

Konsulter:

Byggnadskonstruktioner: *Professor Hjalmar Granholms konstruktionsbyrå.*

Rörkonstruktioner: *Ingenjör Richard Nilsson konstruktionsbyrå.*

Elkonstruktioner: *Ingenjör E Nilsson.*

Tjälkskjutningsproblem: *Professor Gunnar Beskow.*

Grundläggningsproblem: *Lektor Hans Ericsson.*

	Typ A				Typ B
	Ändhus med garage	Ändhus utan garage	Mellanhus med garage	Mellanhus utan garage	Ändhus med garage
Bottenlån i bank	27 250:—	26 150:—	26 250:—	25 150:—	23 850:—
Egnahemslån amorteringsdel	15 800:—	14 920:—	15 000:—	14 120:—	13 080:—
» räntefri del	6 000:—	6 000:—	6 000:—	6 000:—	6 000:—
S:a upplånade medel	49 050:—	47 070:—	47 250:—	45 270:—	42 930:—
Eget kapital	2 950:—	2 830:—	2 840:—	2 720:—	2 580:—
Eget arbete	2 500:—	2 400:—	2 410:—	2 310:—	2 190:—
S:a byggnadskostnad	54 500:—	52 300:—	52 500:—	50 300:—	47 700:—
Årskostnaderna beräknas till följande belopp:					
<i>Kapitalkostnader</i>					
Räntor på					
bottenlånet	1 295:—	1 242:—	1 247:—	1 195:—	1 133:—
egnahemslånet (= annuiteten efter avdrag av ränteefterg.)	552:—	502:—	507:—	456:—	397:—
Tomträttsavgäld (beräknat genomsnitt)	248:—	284:—	212:—	192:—	228:—
Summa kapitalkostnader	2 095:—	2 028:—	1 966:—	1 843:—	1 758:—
<i>Driftskostnader</i>					
Skatt	235:—	230:—	220:—	210:—	210:—
Vattenförbrukning	70:—	70:—	70:—	70:—	70:—
Renhållning	125:—	122:—	118:—	112:—	112:—
Försäkringar	59:—	57:—	59:—	57:—	59:—
Reparation och underhåll	220:—	210:—	200:—	190:—	190:—
Värme	575:—	575:—	500:—	500:—	550:—
S:a driftskostnader	1 284:—	1 264:—	1 167:—	1 139:—	1 191:—
S:a årliga kostnader	3 379:—	3 292:—	3 133:—	2 982:—	2 949:—
Byggnadskostnad per m ² lägenhetsyta för det större radhuset exkl. garage utgör 395:— kronor.					

VÄRMEMÄNGDSMÄTNING

Ett nytt system tillämpat på ett radhusområde i Göteborg

Av ingenjör Richard Nilsson

DK 697.347

Vid projektering av radhus och kedjehus eller grupper av tätliggande småhus diskuteras ofta, om husen skall utrustas med var sin pannanläggning, eller om värmeförsörjningen skall ske från en gemensam panncentral. Jämförande kostnadskalkyler visar i regel, att kostnaderna för anläggningar med gemensam värmecentral blir lägre än för anläggningar, där varje hus har sin pannanläggning. Om oljeeldning installeras i de enskilda radhusen blir kostnadsskillnaden betydande.

Väljes pannanläggning i varje radhus medför detta också, att värdefull golvyta tas i anspråk för pannrum och bränslelagring och att husägaren får dras med besvär med bränsleanskaffning och kostnader för sotning, underhåll av panna och ev. eldningsaggregat. Härtill kommer att eldningsekonomin är sämre vid eldning i små pannor än i större, beroende på skillnad i såväl verkningsgrad som bränslepris. Vidare är det ofta förenat med stort besvär och icke obetydliga kostnader att övergå från ett bränsle till ett annat.

Man kan då fråga av vilken anledning radhus eller kedjehus inte alltid utföres med gemensam panncentral, vilket borde vara lika självklart som att hyreshus har det. En av orsakerna är, att värmeslöseriet i radhusanläggningar med gemensam panncentral ofta är stort, i vissa fall betydligt större än i hyreshus. Vidare råder olika meningar om när husen skall värmas och om vilken temperatur som skall hållas. De husägare, som önskar spara på värme och varmvatten, kan icke märkbart inverka på sina värmekostnader eftersom fördelningen av dessa sker summariskt. En ägare av radhus som erhåller värme och varmvatten från en gemensam panncentral har svårt att finna sig i att år efter år betala för grannarnas slöseri om han själv är sparsam. Det har i praktiken visat sig, att bränslekostnaderna ofta blivit mindre med pannanläggning i varje hus. Förklaringen är, att då husägaren själv betalar bränslet, har han möjlighet och därmed intresse att spara.

Det idealiska utförandet vore att varje radhusägare, när han önskade, kunde ta ut värme för uppvärmning och varmvattenberedning från en gemensam panncentral och kunde reglera temperaturen efter önskan samt betala värmekostnaden efter noggrann mätning. Först då bleve radhuset vad det väl är avsett att vara, nämligen en bostadsform som i sig förenar en del av hyreslägenhetens och villans bästa egenskaper.

Ett nytt sådant system för värmemängdsmätning har för första gången tillämpats i större skala på ett radhusområde omfattande 42 st. radhus med gemensam panncentral, som Göteborgs Stads Egnahemsbyrå uppfört i stadsdelen Järnbrott, Göteborg. Systemet har sedermera börjat tillämpas i vidare omfattning. Sammanlagt utföres eller projekteras 400–500 radhus på grundval av konstruktionsritningar och dimensioneringsunderlag från författarens konstruk-

tionsbyrå, varav bl. a. ca 130 st radhusanläggningar för HSB. Det kan kanske därför vara av intresse att erhålla en orientering om det nya mätsystemet och dess konsekvenser samt några kostnadsuppgifter. Först skall vissa allmänna principer i korthet beröras.

För att kunna bestämma hur stor värmemängd som vid varmvattenvärmeledningar levereras till en förbrukare, måste man känna två faktorer, nämligen cirkulerad vattenmängd och hos värmeförbrukaren uttaget temperaturfall. Vattenmängden per tidsenhet multiplicerad med temperaturfallet ger ett mått på den värmemängd, som momentant tillföres förbrukaren.

Mätningen förenklas om antingen vattenmängden per tidsenhet eller temperaturfallet kan hållas konstant, ty då behöver man endast mäta den variabla faktorn och registreringen får karaktären av vanlig addition. Konstrueras anläggningen på konventionellt sätt får man den olägenheten, att en insatt kalorimätare ofta får arbeta med antingen liten vattenmängd eller liten temperaturdifferens eller båda delarna, vilket äventyrar noggrann mätning.

Utöver ovan nämnda möjligheter för mätning av värmeförbrukningen finnes också system som endast avser fördelning av värmekostnaderna. Ett sådant system, som sedan länge använts i Danmark och även har kommit till användning i Sverige, är att vid varje värmeförbrukare (radiator eller varmvattentappställe) placera en avdunstningsmätare, där avdunstningshastigheten är beroende av den temperatur, som den avdunstande vätskan utsättes för. Radiatormätarnas gradering avpassas efter radiatorernas värmeövergångstal och storlek (här i Sverige även efter lägenheternas inbördes belägenhet). Värmeförbrukningen i form av varmvatten kan mätas på liknande sätt genom att en delström av det passerande varmvattnet får värma avdunstningsmätaren.

För fördelning av kostnaderna för enbart varmvattenförbrukningen användes ibland vanliga varmvattenmätare. Då tappningsintensiteten ofta är låg, kan det bli svårt att erhålla god mätnoggrannhet. Man kan inte heller bortse från risken att mätarna tar skada av förbrukningsvatten med hög temperatur. Varmvattentemperaturen varierar med tappningsintensiteten och är också beroende av variationerna i värmeledningens framledningstemperatur. Om man önskar konstanthålla varmvattentemperaturen, kan detta ske genom att varmvattenberedarens ackumuleringsförmåga ökas och anläggningen därtill förses med känslig temperaturregulator, vilket i sin tur medför ökad anläggningskostnad. På grund av dessa omständigheter har metoden att fördela kostnaderna för varmvatten genom att använda enbart varmvattenmätare kommit till användning endast i speciella fall. Noggrann kalorimätning kan dessutom ej erhållas på grund av att kallvattentemperaturen varierar med årstiden.

Det nya värmemätningssystemet

Vid varje mätställe finnes en varmvattenackumulator som står i förbindelse med värmedistributionssystemets huvudledningar. Från ackumulatorn uttages värme direkt för uppvärmning och från en i ackumulatorn insatt varmvattenbehållare erhålles även varmt

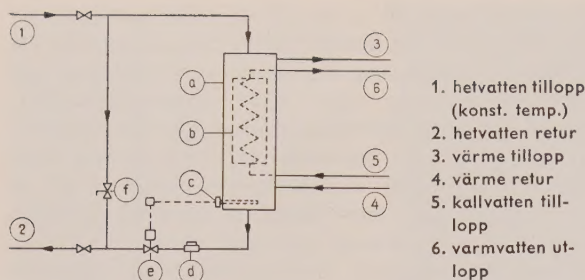


Fig. 1. Mätssystemets funktion

a. ackumulator, b. varmvattenberedare (förråds- eller genomströmningstyp), c. temperaturkännare, d. vattenmätare, e. magnetventil, f. reglerventil

förbrukningsvatten. Ackumulator, varmvattenberedare och erforderlig utrustning sammanbygges till en s. k. installationsenhet, som får plats i ett skåp med planmått 60×60 cm. Värmetillförseln till ackumulatortorn sker intermittert, varigenom både vattenmängden och temperaturdifferensen kan hållas på värden, som är gynnsamma ur mätsynpunkt.

Mätssystemets funktion framgår av fig. 1.

Det förutsättes att temperaturen i huvudtillloppsledningen hålles väsentligen konstant på t. ex. 90°C . Vid ackumulatortorn utlopp nedtill finnes en termostatsstyrd magnetventil, som öppnar vid t. ex. 60°C . Det genom ackumulatortorn passerande vattnet mätes med en vanlig vattenmätare, och då temperaturfallet på vattnet är konstant, kan man med ledning av den uppmätta vattenmängden direkt beräkna den uttagna värmemängden.

Den konstruktion fig. 1 visar kan vidareutvecklas så att mätningen inom vida gränser göres oberoende av det tillförda vattnets temperatur. Härvid användes 2 st. temperaturkännare, den ena i tillloppsledningen och den andra som förut i ackumulatortorn botten. När temperaturdifferensen överstiger ett visst värde slutes strömkretsen över magnetventilen som då öppnar så att ackumulatortorn laddas. Om tilllopps-temperaturen hålles konstant kommer detta system att arbeta på samma sätt som det enklare enligt fig. 1.

Utmärkande för systemet är, att den temperaturstyrda ventilen alltid är helt öppen eller helt stängd, varför vattenmätaren, när den är i funktion, alltid genomströmmas av en förhållandevis stor vattenström. Man kan härigenom få god mätnoggrannhet även med en vattenmätare av enkel konstruktion. Vattenmätaren arbetar här med avgasat vatten, vars temperatur och renhet icke äventyrar mätarens funktion. En annan för mätnoggrannheten viktig detalj är, att temperaturfallet på vattnet är ganska stort, exempelvis såsom ovan angivits från 90°C till 60°C . Härigenom minskas inflytandet av mindre avvikelser i tilllopps- och avloppstemperaturerna.

Professor John Rydberg, Stockholm, har utfört provningar av systemet, varav framgår, att man bör kunna räkna med att felmarginalen ligger under $\pm 5\%$.

Senare har ingående provningar utförts med termostater, vattenmätare och övrig utrustning. Vidare har ackumulatortorn provats vid olika belastningsförhållanden. Det har visat sig, att mätnoggrannheten är god även vid mycket låga belastningar.

Beskrivning av anläggningen

Radhusområdet, som är beläget i stadsdelen Järnbrott och uppförts i Göteborgs Stads Egnahemsbyrås regi, består av 42 st. källarlösa 2-vånings radhus av trä, sammanbyggda i 7 längor. Installationsenhetens placering och rördragningen till radiatorerna framgår av fig. 2, som visar ett mellanhus men i stort sett gäller för samtliga hus. Som synes har enheten placerats i bottenvåningen i en garderob med planmått 60×60 cm och med dörr mot hallen. Fig. 3 visar en frontvy av installationsenheten. För att reglera rumstemperaturen behöver radhusägaren endast starta pumpen (P) och ställa värmeledningens shuntventil (S) i lämpligt läge.

För konstanthållning av framledningstemperaturen i panncentralen användes en utjämningsbehållare för att reducera inverkan av panntemperaturens svängningar och en regulator för finreglering av temperaturen. Pannorna, två gjutna sektionsspannor på tillsammans 33 m^2 , är utrustade med oljebrännare för eldningsolja nr 3.

Kulvertledningarna, som endast består av 2 hetvattenledningar har lagts i skyddsrör av eternit. Kallvattenserviserna, en för varje länga, har försetts med huvudmätare för att förenkla vattenverkets avläsningar. I varje installationsenhet finns en submätare, varigenom uppdelning av vattenkostnaderna lätt sker.

Rörledningar, vattenmätare, armatur m. m. har hopmonterats på verkstad och sammankopplats med installationsenheten på arbetsplatsen. Även övriga rörledningsinstallationer i husen har förberetts genom verkstadsmontering, varigenom arbetet på arbetsplatsen minskat i omfattning.

Konsekvenser vid praktisk tillämpning

I korthet skall här nämnas några synpunkter på hur en värmeanläggning av ovan beskriven typ ställer sig i relation till en konventionell centralvärmeanläggning.

Genom att kostnaderna för uppvärmning och varmvatten betalas efter noggrann mätning, blir kostnadsfördelningen rättvis och strävandena att hålla med dyrbart bränsle främjas på bästa sätt. Enligt en nyligen gjord undersökning (1) från ett större bostadsområde i Stockholm, som försetts med avdunstningsmätare, har besparingen för uppvärmning uppgått till 10–25 %, beroende på med vilken noggrannhet injusteringen av värmeledningssystemet utförts. Varmvattenbesparingen har konstaterats uppgått till 40–50 %.

Genom det sätt på vilket rördragningen utföres, faller det sig naturligt att i samband med värmemängdsmätningen även införa mätning av totala vattenförbrukningen i varje radhus (både kall- och varmvatten). Enligt utförda mätningar är förbrukningen i en hyreslägenhet ungefär 650 liter per dygn. Man kan räkna med ca 30 % besparing genom att individuell mätning införes. Det har visat sig, att i moderna hyreslägenheter förbrukningen stiger år från år. För ett flertal samhällen, där bostadsbebyggelse för närvarande koncentreras till ytterområdena och där vattenverken är hårt ansträngda, skulle en dämp-

ning av den ständigt stegrade vattenförbrukningen i många fall innebära väsentliga ekonomiska och praktiska fördelar.

Vid större anläggningar är det vid konventionella system ofta ett svårt och tidsödande arbete att inreglera radiatorerna på lämplig värmeavgivning i förhållande till värmeförlusterna, och god balans erhålles endast vid ett visst stationärt tillstånd. Förändrad vindriktning eller solstrålning påverkar byggnadens värmebalans. En byggnad har dessutom stor värmekapacitet, dvs. tröghet vid reglering, så att jämvikt under normalt växlande förhållanden sällan eller aldrig inträder. En i verklig mening fullgod inreglering av större anläggningar ernås i regel ej.

Med det här beskrivna nya systemet elimineras nämnda olägenheter. Inreglering av hetvattennätet kan utföras under idealiska förhållanden genom att man har mängdmätare i varje installationsenhet, varigenom man under injusteringen direkt kan avläsa den cirkulerade vattenmängden.

Inom varje hus kan ägaren själv inom vida gränser bestämma temperaturen i de olika rummen och tidpunkten när värming skall ske. Han kan få värme även sommartid om han så önskar.

Under byggnadstiden kan arbetet med att färdigställa rörinstallationerna i ett hus bedrivas utan hinder för arbeten i andra hus. Vidare kan reparationer i ett hus utföras utan att värme- och vattentillförseln till övriga hus behöver avbrytas.

Tillämpningen av systemet innebär att en del av rörledningsarbetet överföres från byggnadsplats till fabrik där rationella arbetsmetoder kan utnyttjas. Installationsenheterna med tillhörande utrustning kan nämligen levereras fullt färdiga för anslutning till rörledningssystemet. Huvuddistributionsnätet, som vid anläggningar med central varmvattenberedning innehåller två hetvatten- och två varmvattenledningar vartill kommer kallvattenledning, omfattar här endast tre ledningar, två för hetvatten och en för kallvatten. Montagearbetet på arbetsplatsen blir härigenom mindre omfattande och bättre förutsättningar att samordna byggnads- och rörledningsarbeten erhålles.

Det är också klart att ett på beskrivet sätt uppbyggt värmeledningssystem ger betydligt större frihet att utföra VVS-anläggningar, som bättre tillgodoser individuella önskemål. Således kan man för ett större bostadsområde som består av t. ex. radhus med källare resp. utan källare, utföra de förstnämnda med vanliga radiatorsystem och de sistnämnda med t. ex. golvvärmesystem, som ju arbetar med lägre temperatur. Man har också möjlighet att använda andra värmesystem, t. ex. varmlufts- eller strålningsvärmesystem utan att utformningen av det centrala distributionsnätet påverkas.

Vad ovan sagts om systemets egenskaper vid tillämpning på radhus och likartad bebyggelse gäller självfallet i allt väsentligt även betr. tillämpning på hyreshus.

Av intresse i detta sammanhang kan också vara, att systemet är tillämpligt även för gruppmatning. En dylik anläggning har varit i bruk sedan årsskiftet 55/56.

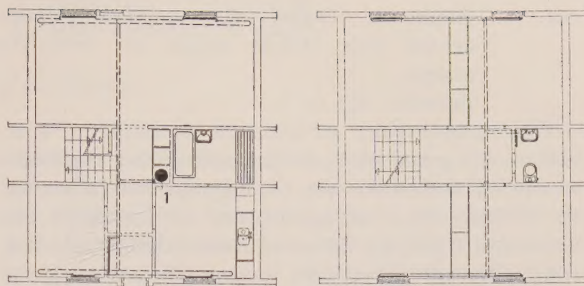


Fig. 2. Installationsenhetens (1) placering och rördragningen till radiatorerna. T. v. bottenplan och t. h. överplan

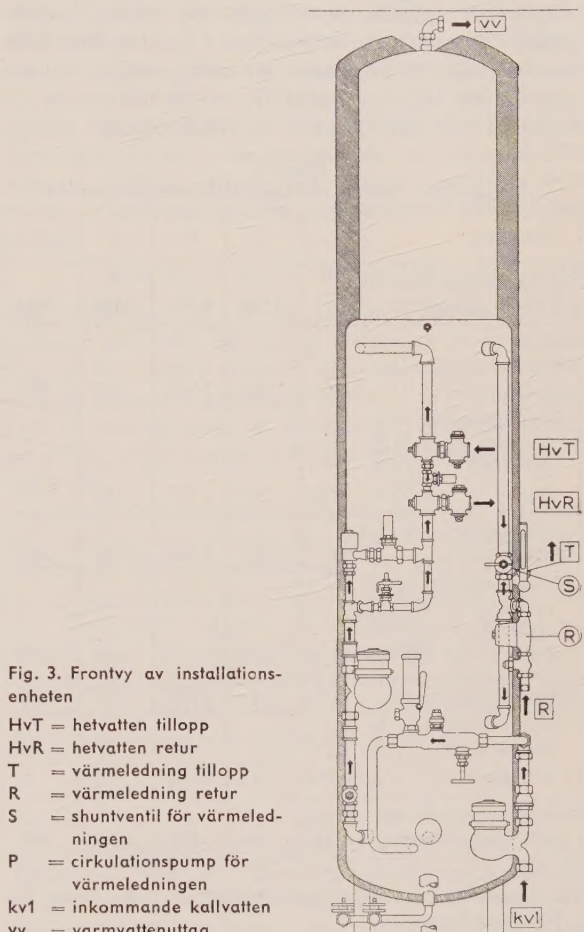


Fig. 3. Frontvy av installationsenheten

HvT = hetvatten tilllopp
HvR = hetvatten retur
T = värmeledning tilllopp
R = värmeledning retur
S = shuntventil för värmeledningen
P = cirkulationspump för värmeledningen
kv1 = inkommande kallvatten
vv = varmvattenuttag

Kostnader

En utredning gjordes våren 1954 för ovannämnda radhusområde. Som nämnts omfattar anläggningen 42 st. källarlösa 2-vånings radhus av trä, varav 37 st. med 127 m² golvyta och 5 st. med 97 m², eller i medeltal 123,4 m² golvyta per hus. Utredningen innehöll bl. a. följande alternativ:

- Alt. 1 a. Varje radhus förses med panna och varmvattenberedare.
Bränsle: koks nr 3.
- Alt. 1 b. Varje radhus förses med panna och varmvattenberedare.
Bränsle: olja nr 1.
- Alt. 2. Radhusen värmes från gemensam panncentral med central varmvattenberedningsanläggning.
Bränsle: olja nr 3.

Alt. 3. Radhusen värmes från gemensam panncentral och utföres enligt här beskrivet system.

Bränsle: olja nr 3.

Den ursprungliga utredningen omfattade 54 st. radhus. På grund av ändrade dispositioner uppfördes emellertid endast 42 hus. Anläggningskostnaden för de VVS-tekniska anläggningarna är för dessa hus i medeltal 6 500 kr. Sedan nämnda tidpunkt har materialpriser och arbetslöner ändrats. Någon noggrann genomräkning av de olika alternativen med hänsyn till nu gällande priser har icke utförts men med ledning av den gjorda utredningen och genom bedömning av kostnadsutvecklingen har i den följande kostnadskalkylen räknats med att anläggningskostnaden idag är för alt. 1 a) 7 500 kr, 1 b) 9 800 kr, alt. 2) 6 650 kr och alt. 3) 6 850 kr. Motsvarande anlägg-

ningskostnad för ett annat radhusområde omfattande 38 st. 2-vånings radhus som projekteras med det beskrivna värmemätningssystemet, och som f. n. uppföres i Göteborgstrakten är enligt anbud avgivna i september 1956 ca 6 800 kr/hus.

En efterkalkyl visar att kostnaderna för iordningställande av pannrum enligt alternativ 1 med panna i varje enskilt hus i stort sett motsvaras av kostnaden för uppförande av gemensam panncentral enligt alternativ 2 och 3. Kostnaderna för byggnadsarbeten som har samband med VVS-anläggningens utförande har därför ej medtagits i denna sammanställning.

Angående anläggningskostnaden kan man sammanfattningsvis säga, att för radhus, parhus eller tät villabebyggelse av denna storleksordning får man det beskrivna systemet med värmemängdsmätning till ungefär samma kostnad som ett konventionellt system med gemensam panncentral, medan ett system med värmepanna i varje hus blir avsevärt dyrare.

Anläggningskostnadernas fördelning på olika poster samt kapital- och underhållskostnader framgår av tabell 1.

För skötsel av anläggningen har i alt. 1 icke upptagits någon kostnad. I alt. 2 och 3 räknas med en eldarlön av 1 200 kr/år. För avläsning och debitering har i alt. 3 räknats med en kostnad av 5 kr/hus och år.

Det årliga värmebehovet för uppvärmning och ventilation har beräknats till 15 200 Mcal/hus, för varmvattenberedning till 5 500 Mcal/hus eller totalt 20 700 Mcal per hus och år. I alternativen 1 och 3 räknas med en besparing på 25 %, vilket radhusutredningen (2) räknat med vid individuell eldning, varvid årliga värmeförbrukningen blir 15 500 Mcal per hus. Bränsleslag och kostnader per värmeenhet för de utredda alternativen framgår av tabell 2. Sotningskostnaderna har hämtats ur sotningstaxan. Normal kallvattenförbrukning beräknas till 230 m³ per hus och år. I alternativen 1 och 3, där mätning av kallvatten sker, kan besparingen uppskattas till ca 30 %. Här räknas med 25 %, varvid årsförbrukningen blir 175 m³ per hus och år. Vattenpriset är i Göteborg 40 öre/m³.

Vid beräkning av elkostnaderna har i samtliga alternativ förutsatts pumpcirkulation. Energipriset har antagits till 9 öre per kWh.

Resulterande årskostnad för VVS-anläggning samt driftskostnader framgår av tabell 3. Man bör observera att i alt. 2 och 3 skulle hänsyn egentligen tagas till att det utrymme som i alt. 1 användes som pannrum frigöres för annat ändamål. Totala årskostnaden för huset är av storleksordningen 3 000 kr, vilket ger en kostnad av ca 25 kr/m² och år. Om man sätter det extra rummets värde till 20 kr/m² och år betyder detta i alt. 2 och 3 en ökning av bostadsvärdet med 140 kr/år. I en del fall kommer rummet att hyras ut möblerat och ge ett avsevärt bidrag till finansiering av driftskostnaderna.

Litteratur

1. SNB, Bo Adamsson, föredrag vid SVSF:s årsmöte 1956.

2. Statens Nämnd för Byggnadsforskning meddelande nr 23.

Tabell 1.

Anläggnings-, kapital- och underhållskostnader per hus

Alternativ	1a	1b	2	3
Anläggningskostnad för VVS-installationer kr	7 500	9 800	6 650	6 850
Därav:				
Pannor, pumpar, automatik kr	1 000	1 000	200	800
Avskrivningstid 20 år annuitet = 7,35 % underhåll = 1,35 % totalt 8,70 % kr/år	87	87	18	70
Övrig värme- och sanitetsutrustning kr	6 500	6 500	6 200	5 800
Avskrivningstid 50 år annuitet = 4,65 % underhåll = 0,55 % totalt 5,20 % kr/år	338	338	322	302
Oljeeldningsaggregat kr	—	2 300	250	250
Avskrivningstid 10 år annuitet = 12,3 % kr/år	—	283	31	31
underhåll kr/år	—	75	5	5
Summa kapital- och underhållskostnader kr/år	425	783	376	408

Räntefot 4 %.

Vid fördelning av anläggningskostnaden på olika poster har beloppen avrundats.

Tabell 2

Alternativ	1a	1b	2 och 3
Bränsle	Koks nr 3	Olja nr 1	Olja nr 3
Bränslepris per mått enhet, oktober 1956	11:08 kr/hl	183 kr/m ³	148 kr/m ³
Anläggningsverkningsgrad %	55	55	65
Värmekostnad öre/Mcal	5,62	3,88	2,53

Tabell 3

Årskostnader, kronor per hus

Alternativ	1a	1b	2	3
Kapital och underhåll	425	783	376	408
Skötsel	—	—	30	35
Bränsle	873	600	524	392
Sotning	28	28	12	12
Kallvatten	70	70	92	70
Elektrisk energi	13	72	45	65
Summa	1 409	1 553	1 079	982

ELEMENTHUSET OCH LJUDISOLERINGEN

Av civilingenjör Ove Brandt

DK 699.844:534

Efter andra världskriget har den byggnadstekniska utvecklingen som bekant gått mycket snabbt och kännetecknas väl främst av byggnadsbranschens industrialisering – allt fler arbetsprocesser består i att man med mekaniska hjälpmedel hopsätter prefabricerade byggnadselement på byggnadsplatsen.

Denna utveckling har medfört att ett stort antal ljudisoleringsfrågor aktualiserats, t. ex. genom att viken hos väggar och bjälklag har pressats till ett minimum och genom användning av lätta fasadelement utan bärning. Även om alla dessa frågor icke kan besvaras helt tillfredsställande ännu, kan det dock vara av visst intresse att lämna en översikt av de problem som de nya bygghetoderna skapat beträffande väggars och bjälklags ljudisolering. Den efterföljande översikten har tillkommit på initiativ av Svenska Cementföreningens Stockholmskontor. Fler-talet mätresultat, som använts för illustration av frågeställningen, härstammar från undersökningar vid Institutionen för byggnadsakustik, KTH.

DEFINITIONER OCH LJUDISOLERINGSKRAV

Luftljud är som bekant ljud som fortplantas från källan via luftmediet. Exempel är tal, sång och radiomusik. Styrkan hos ett luftljud bestäms genom mätning av de förändringar som ljudvågen åstadkommer i luften. Det viktigaste styrkemåttet är *ljudtrycksnivån* L_p (vanligen avkortad till *trycknivån*), definierad genom:

$$L_p = 20 \log p/p_0 \quad \text{dB} \quad (1)$$

där p är effektivvärdet (i N/m^2) av ljudväxeltrycket i luften och p_0 referensvärdet $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ för ljudtryck (tillnärmelsevis det minsta ljudtryck som av en person med god hörsel kan uppfattas som ljud, när detta senare speciellt är en ren ton med frekvens 1 000 Hz). Enheten för trycknivå är decibel, vanligen avkortad till dB.

Vid definition av trycknivån har man icke tagit hänsyn till att örat har olika känslighet för ljud av olika tonhöjd (frekvens). Ett mått i vilket man har försökt »bygga in» det mänskliga örats frekvensberoende har man i *ljudnivån*, som direkt kan avläsas på en ljudnivåmätare. En sådan är i princip en trycknivåmätare, bestående av en mikrofon, förstärkare och ett indikerande instrument, men där man i förstärkaren inbyggt olika filter svarande mot örats känslighetskurvor. Dessa filter betecknas som *vägningar* och användes enligt de normbeskrivningar för sådana instrument som bl. a. föreligger i USA och Tyskland. Enheten för ljudnivå är ävenledes dB, men man brukar bifoga en uppgift om vilken vägning som tillämpats vid mätningen – t. ex. dB(A), dB(B) eller dB(C), om mätningen utförts med de i USA normerade vägningarna A, B eller C för svaga, medelkraftiga resp. kraftiga ljud – A användes under 55 dB, B mellan 55 och 85 dB och C över 85 dB.

Man kan dock icke karakterisera ett ljuds styrka helt tillfredsställande enbart genom att ange dess

trycknivå eller ljudnivå, utan man vill i regel också känna till dess innehåll av olika frekvenskomponenter. Genom att frekvensanalysera ett sammansatt ljud får man fram dess *frekvensfördelning* i ett *spektrogram*. Man anger här styrkan genom trycknivån inom varje uppmätt frekvensband. Inom byggnadsakustiken är bandbredden vanligen $1/3$ eller 1 oktav (1 oktav omfattar bandet mellan frekvenser f [Hz] och $2 f$ [Hz], $1/3$ oktav omfattar området f till $2^{1/3} f$ [Hz]). Frekvensanalys är aktuell exempelvis vid mätningar av bjälklagens stegljudisolering.

För att karakterisera transmissionsförhållandena i en byggnad har man en del mått att välja på. För väggar, bjälklag, dörrar och fönster använder man t. ex. *reduktionstalet* eller *isoleringen R* för luftljud enligt:

$$R = L_S - L_M - 10 \log A/S \quad \text{dB} \quad (2)$$

där enligt fig. 1 L_S är trycknivån i rummet på elementets ena sida, där ljudet alstras av en högtalare. L_M är den ljudtrycksnivå som samma källa frambringa i rummet bakom elementet. I det senare rummet är absorptionen $A \text{ m}^2$ -Sabines, bestämd genom en efterklangsmätning. S är elementets transmissionsyta i m^2 .

Formeln (2) förutsätter, att allt ljud som fortplantas mellan mättrummen går genom undersöknings-elementet. Denna förutsättning är ofta icke fylld i ett färdigt bostadshus, där transmissionen kan ske via flankerande väggar eller bjälklag. I så fall använder man ett annat mått, som icke karakteriserar det enstaka byggnadselementet som det anförda måttet utan alla transmissionsvägarna mellan mättrummen: *Rumsisoleringen mot luftljud* R_{rum} enligt:

$$R_{\text{rum}} = L_S - L_M - 10 \log A/10 \quad \text{dB} \quad (3)$$

där L_S , L_M och A har samma betydelse som ovan och mätmetodiken överensstämmer med den i fig. 1 beskrivna. Man ser, att isoleringsmåttet R_{rum} är den nivåskillnad $L_S - L_M$ som uppstår mellan rummen S och M , när absorptionen i M är 10 m^2 -Sabines. Detta referensvärde för absorption har valts på grund av att absorptionen i möblerade bostadsrum normalt är av denna storleksordning.

Såväl R som R_{rum} är beroende av ljudets frekvens och man uppmäter därför en konstruktions isolering vid olika frekvenser inom området 100 till 3 200 Hz,

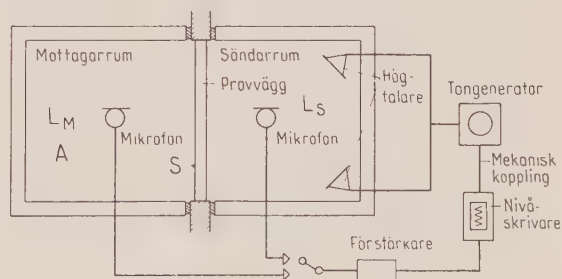


Fig. 1. Princip för isoleringsmätning genom bestämning av trycknivåerna L_S och L_M , absorptionen A och provväggs yta S .

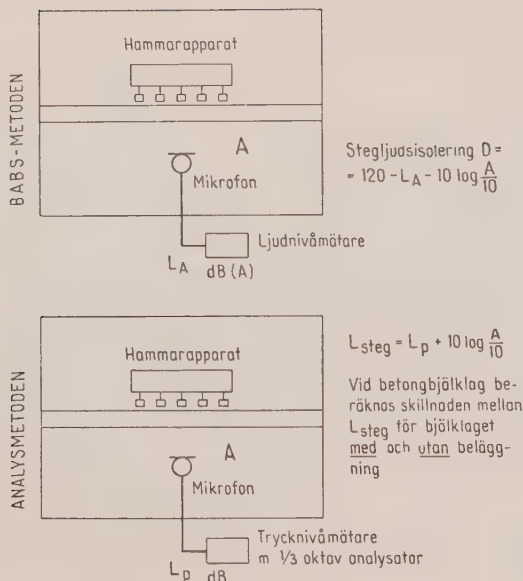


Fig. 2. Två metoder för stegljudsmätning

som är det för tal viktigaste frekvensområdet. Resultaten anges vanligen grafiskt i form av en kurva samt genom ett eller flera medelvärden, t. ex. inom delintervallen 100–550 Hz, 550–3 200 Hz eller eventuellt hela området 100–3 200 Hz.

Kungl. Byggnadsstyrelsen har som bekant uppställt ett minimikrav på 48 dB för luftljudsisoleringen i bostadshus. Detta krav är baserat på formel (3), eftersom det primära ur övervakningssynpunkt och ur de boendes synpunkt måste vara att nivåskillnaden mellan rum i olika lägenheter är tillräckligt stor, utan hänsyn till vilka byggnadselement som används. För den som skall projektera en mellanvägg eller bjälklag mellan två lägenheter är det dock nödvändigt att känna till att R_{rum} icke enbart är beroende av väggarnas eller bjälklagens reduktionstal utan även av deras yta. Använder man t. ex. mellan två angränsande rum en mellanvägg bestående av endast 5 cm tjock betong och kan man bortse från flanktransmissionen, blir ju R_{rum} allt mindre, ju större den gemensamma mellanväggen är. Man ser lätt av formelerna (2) och (3), att när man kan bortse från flanktransmissionen, överensstämmer R och R_{rum} när mellanväggs- eller bjälklagsytan är 10 m² stor. Är elementet t. ex. 20 m², blir R_{rum} 3 dB lägre än R . Detta innebär t. ex. att man vid användning av tunna betongväggar på 10–12 cm utan puts icke bör tillåta den gemensamma väggytan mellan två rum att överskrida 10 à 12 m², om man icke vill riskera, att R_{rum} underskrider det gällande minimivärdet 48 dB. Frågan om transmissionsytans storlek är alltså icke blott av teoretiskt intresse utan har stor praktisk betydelse vid pågående »nedbantning» av väggars och bjälklags tjocklek.

Stegljud uppstår genom fotsteg på en byggnadskonstruktion, ett bjälklag eller en trappa. För att få fram ett objektivt värde för stegljudsisoleringen använder man en speciell stegljudsmaskin, som drivs av en elektromotor. Stegljudsmaskinen består av 4 eller 5 hamrar med en vikt av 500 g vardera, som genom ett fritt fall från höjden 4 cm tilldelar golvytan

10 slag per sekund. Hamrarna är på undersidan klädda med antingen mässing eller gummi enligt närmare specifikationer. Det sålunda alstrade stegljudet, som av mättekniska skäl är betydligt kraftigare än det stegljud som åstadkommes vid normal gång, mätes under bjälklaget med hjälp av en ljudnivåmätare, se fig. 2. Man bestämmer med apparatens A -vägning ljudnivån L_A i dB(A) i mottagarrummet och definierar *rumsisoleringen mot stegljud* D enligt:

$$D = 120 - L_A - 10 \log A/10 \quad \text{dB} \quad (4)$$

där A som ovan är mottagarrummets absorption i m²-Sabines. Värdet 10 m²-Sabines för referensabsorptionen är valt av samma skäl som anförts ovan vid luftljudsmätningar. A beräknas som medelvärde inom 600–1 200 Hz.

Denna metod, som i det följande betecknas som *BABS-metoden*, har använts i Sverige sedan 1946 men kommer småningom att överges på grund av att den endast ger en summarisk uppfattning av ett bjälklags stegljudsisolering men ingenting om t. ex. egenskaperna vid olika frekvenser som undersökningsmetoden för luftljudsisolering. Det är därför nödvändigt att frekvensanalysera stegljudet i mottagarrummet. Detta har också skett i samband med flertalet stegljudsmätningar som utförts här i Sverige. Allt tyder på att en sådan analys är så nödvändig att man icke blott skall betrakta den som ett värdefullt supplement till BABS-metoden utan till och med lägga analysen primärt till grund för bedömning av bjälklagen. Man använder då samma hammarapparat som beskrivits ovan men mäter i mottagarrummet stegljudets trycknivå inom exempelvis 1/3 oktav breda intervaller och anger efter mätningen *stegljudsnivån* L_{steg} enligt:

$$L_{steg} = L_p + 10 \log A/10 \quad \text{dB} \quad (5)$$

med samma korrektion för rumsabsorptionen A som vid övriga isoleringsmätningar, se fig. 2. Kurvan för L_{steg} som funktion av frekvensen ligger alltså allt högre i diagrammet, ju sämre bjälklagets stegljudsisolering är. Denna metod, i det följande betecknad som *analysmetoden*, har framförts som internationellt normförslag och användes numera helt allmänt i Västyskland (DIN 52210), England och Danmark. Den kommer sannolikt också att bli officiellt tillämpad här i Sverige vid kommande revision av byggnadsstyrelsens anvisningar – man når ju bl. a. betydligt säkrare bedömning av övergolvskonstruktioners inverkan på stegljudsisoleringen än vad som är möjligt med nu gällande BABS-metod.

En nackdel med analysmetoden är att man anger allt högre siffervärden ju sämre bjälklagets stegljudsisolering är. Det kan därför diskuteras om man eventuellt skall subtrahera värdena för L_{steg} från en konstant i analogi med vad som sker enligt BABS-metoden, se ekv. (4).

En annan nackdel är att man icke kan ange ett siffervärde för karakterisering av bjälklagsisoleringen som vid BABS-metoden. Tyskarna anger sålunda en maximikurva för stegljudsisoleringen vid olika frekvenser – för att ett bjälklag skall vara godtagbart måste den uppmätta kurvan alltså ligga under maximikurvan (»soll-kurvan»). Detta sätt att ange ett

isoleringskrav är naturligtvis något obekvämt, och tabellariska sammanställningar av bjälklagsisolering förlorar lätt i överskådlighet. Om man i stället kunde nöja sig med att ange maximivärden för ett fåtal frekvensintervaller, skulle man ju vinna väsentliga fördelar ur denna synpunkt.

Hittills har man ju här i landet lagt BABS-metoden till grund för minimikraven för stegljud – man fordrar som bekant 55 dB i bostadshus. Vid eventuell övergång till analysmetoden blir det aktuellt att på något sätt »översätta» minimivärdet till en kurva baserad på analysmetoden. Principiellt är en »översättning» i denna riktning naturligtvis icke möjlig, eftersom BABS-värdena ju innehåller avsevärt mindre information än en hel kurva resp. ett antal medelvärden.

Emellertid är nu gällande minimivärde valt så att ett 16 cm putsat massivbjälklag av betong med påklistrad linoleummatta icke skall vara godtagbart men ändå vara nära gränsen till godtagbarhet. Ett sådant bjälklag har en isolering av 52–54 dB och man valde därför värdet 55 dB. Genom att mäta stegljudsisoleringen enligt analysmetoden hos ett antal bjälklag av nämnda typ kan man få fram en mot minimikravet svarande kurva. Det visar sig då att denna senare överensstämmer mycket väl med den kurva, som användes som krav i Västtyskland enligt DIN 52210. I fig. 3 anges resultatet av några stegljudsmätningar jämförda med det tyska kravet. Tills definitiva svenska isoleringskrav har fastställts kan det tyska enligt analysmetoden alltså ge god vägledning. I efterföljande framställning kommer analysmetodens resultat att bedömas vid jämförelse med detta krav.

I många sammanhang är det icke den samlade bjälklagskonstruktionens stegljudsisolering som är av primärt intresse utan man vill t. ex. veta den isoleringsförbättring som överkonstruktionen medför. Man anger då den stegljudsminskning som överkonstruktionen åstadkommer och bestämmer denna storhet vid olika frekvenser som differens mellan värdena för bjälklaget med och utan överkonstruktion.

Den isoleringsförbättring som kräves av en överkonstruktion är beroende av den bärande konstruktionens stegljudsisolering. Som framgår av fig. 4 behöves mindre stegljudsförbättring hos ett övergolv på en 16–20 cm putsad betongplatta än på en 12–14 cm oputsade platta för att isoleringskravet skall fyllas. Något allmänt krav kan därför icke uppställas för övergolvskonstruktioner. I fig. 5 visas ett förslag till isoleringskrav för överkonstruktion vid två olika tjocklekar hos massivbjälklag. Isoleringsförbättringen skall alltså uppgå till minst de värden som framgår av kurvorna.

VÄGGAR

De väggar, som ur ljudisoleringssynpunkt behandlas i det följande är dels sådana som förekommer mellan rum i *samma* lägenhet: *rumsskiljande väggar* eller *rumsväggar*, dels väggar *mellan* olika lägenheter, *lägenhetsskiljande väggar* eller *mellanhägar*. Ljudisoleringsfrågor kommer också att diskuteras för *yttreväggar*.

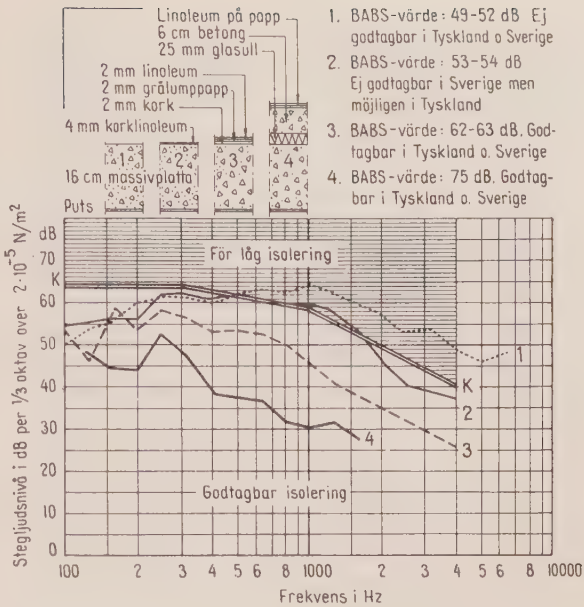


Fig. 3. Jämförelse mellan tyska och svenska stegljudskrav för bjälklag. Svenskt minimikrav: 55 dB enligt BABS-metoden. Tyskt krav: stegljudsnivån skall vara lägre än värdena enligt kurvan K

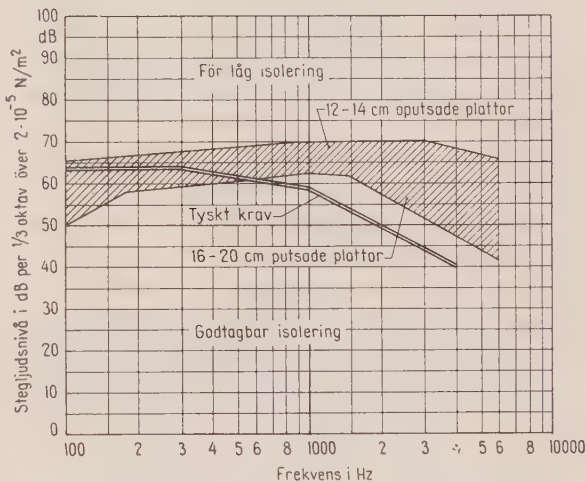


Fig. 4. Stegljudsisolering hos massiva betongplattor utan överkonstruktion i relation till det tyska isoleringskravet. Vid tunna oputsade betongplattor kräves alltså stor isoleringsförbättring hos överkonstruktionen

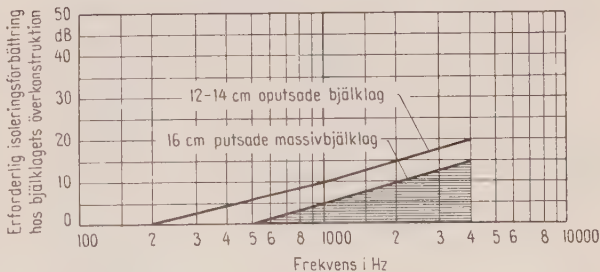


Fig. 5. Erforderlig stegljudsförbättring hos överkonstruktioner på 16 cm putsade massivbjälklag resp. 12–14 cm oputsade bjälklag

Lägenhetsskiljande väggar

För närvarande fordras som anförts att rumsisoleringen mellan rum i olika lägenheter skall uppgå till minst 48 dB i medeltal inom 100–3 200 Hz. Rumsisoleringen beror ju i första hand av mellanväggarnas eller bjälklagens reduktionstal, och minimikravet 48 dB kan naturligtvis tillfredsställas endast om de ingående konstruktionernas reduktionstal är minst 48 dB. Man bör emellertid icke glömma, att även elementens transmissionsytor inverkar på rumsisoleringen, som antytts ovan. Är mellanväggen mellan två angränsande rum exempelvis 20 m² stor och reduktionstalet 48 dB, kan rumsisoleringen enligt ekv. (2) och (3) uppgå till högst 45 dB, alltså icke godtagbar. Är väggytan däremot högst 10 m² och reduktionstalet fortfarande 48 dB, föreligger möjlighet att nå rumsisoleringen 48 dB eller mera. Transmissionsytan bör alltså vara så liten som möjligt, när man använder väggkonstruktioner med låga reduktionstal.

För homogena, lufttäta väggar i ett sammanhängande skikt, *enkelväggar*, gäller som bekant, att isoleringen huvudsakligen beror på väggvikten i kg/m² – hög isolering betingas av hög väggvikt. För att reduktionstalet 48 dB skall kunna nås, måste väggen väga minst ca 300 kg/m². Sambandet mellan vikt och isolering – grafiskt återgivet i den s. k. *viktkurvan* – är emellertid icke exakt utan variationer på upp till ± 2 à 3 dB kan mycket väl förekomma. Orsaken till denna spridning är att andra faktorer än väggvikten, t. ex. böjstyvhet och inspänning, inverkar på isoleringen.

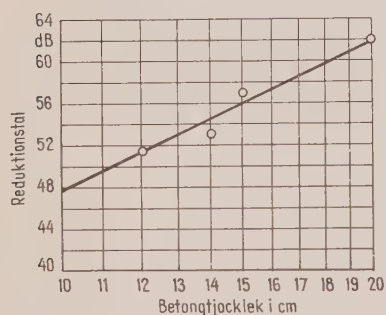


Fig. 6. Reduktionstal inom 100–3 200 Hz för oputsade betongväggar enligt laboratiormätningar på KTH

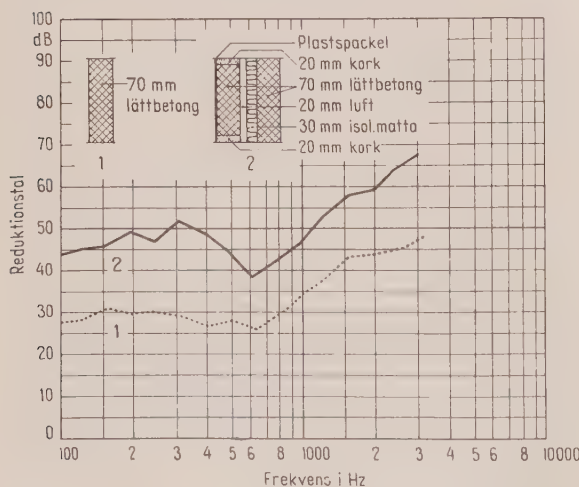


Fig. 7. Isolering hos enkel och dubbel lättbetongvägg utan puts. Medelvärden (1) 34 och (2) 51 dB inom 100–3 200 Hz. Ena väggskivan är placerad på kork och luftmellanrummet dämpat med isolermatta

I fig. 6 visas resultaten av några laboratiormätningar på oputsade betongväggar med tjocklek 12–20 cm. Enligt dessa mätningar skulle värdet 48 dB alltså nås redan vid betongtjockleken 10 cm.

Det visar sig emellertid, att samma väggkonstruktioner i färdiga byggnader ger något lägre värden. Av sådana fältmätningar framgår att rumsisoleringen 48 dB (vid mellanväggsytan 10 m²) nås först vid väggtjockleken ca 12 cm för oputsade betongväggar, vilken tjocklek alltså är ett minimimått ur ljudisoleringssynpunkt. När man icke på förhand kan låsa mellanväggsytan till att understiga 10 m², bör man dock icke välja betongtjockleken under ca 14 cm.

Å andra sidan visar det sig, att det i en färdig byggnad icke lönar sig att öka betongtjockleken väsentligt över 15 cm – högre isoleringsvärden än ca 55 dB nås normalt icke på grund av flanktransmissionen genom bjälklag och flankerande väggar. Ur isoleringssynpunkt förefaller därför en *betongtjocklek mellan 14 och 16 cm vara optimal för oputsade betongväggar*.

För tyngre lägenhetsskiljande väggar har putsen mycket liten inverkan på isoleringen. När man borttager ett 1,5 cm putsskikt på bägge sidor om en minst 300 kg/m² tung betongvägg, faller isoleringen sålunda mindre än 1 dB.

De bärande mellanväggarna i elementbyggda flerbildshus är numera vanligen utförda som oputsade betongväggar. Isoleringen är knappast beroende av om väggarna tillverkas genom gjutning som helhet på arbetsplatsen eller genom hopsättning av pretillverkade betongelement, när blott kravet på lufttätethet kan tillgodoses. Viktig är väggarnas anslutning till fasadväggen, i synnerhet om denna senare är av lätt, icke-bärande typ, då flanktransmission kan befaras öka. Denna fråga behandlas i avsnittet om ytterväggar.

I många fall önskar man klara ljudisoleringskravet med en lätt mellanvägg som icke är bärande. Man måste då utföra väggen som *dubbelkonstruktion* av något slag. I traditionellt bygge är den mest använda dubbelkonstruktionen som bekant en dubbel plattvägg, bestående av exempelvis två 5–10 cm putsade plattväggar på ett avstånd av 2–5 cm och isolermatta. Isoleringen kan vid gott utförande uppgå till ca 50 dB, men en dåligt utförd vägg ger mindre än 45 dB. Låga värden erhålles, när brukskontakter förekommer mellan väggarna, t. ex. då isolermatta icke använts eller hopskarvats så slarvigt, att den icke skyddar mot brukskontakter mellan väggskivorna.

Det är därför relativt osäkert att använda denna väggtyp, när man önskar god isolering. Bättre är den pretillverkade versionen utförd av våningshöga oputsade lättbetongelement som hopfogas och spacklas på byggnadsplatsen. Risken för ljudbryggor mellan väggskivorna är betydligt mindre för denna variant än för den platsmurade plattväggen, men man bör dock icke slopa isolermattan. Lättbetongväggen kan tillfredsställa krav upp till 55 dB, om den ena väggen isoleras vid golv, väggar och tak med hjälp av korkskivor, se fig. 7. Korkskivorna kan spacklas och ytbehandlas på samma sätt som övriga väggar utan att isoleringsminskning behöver befaras.

De odämpade lättbetongskivorna utan kork kan emellertid medföra den nackdelen att de leder ljudet in i byggnadsstommen. Denna ökning av stomljudet gäller icke blott direkta knackljud mot de inspända väggskivorna utan också kraftigare luftljud i de rum som lättbetongväggarna avgränsar. Eftersom man också använder denna väggtyp som rumsskiljande element kan man alltså riskera märkbar ökning av flanktransmissionen inom byggnaden. Man har ännu blott konstaterat att detta problem existerar, men direkta mättekniska undersökningar föreligger icke.

Av stort teoretiskt och praktiskt intresse är de modifierade dubbelkonstruktionerna som utvecklats på senare tiden.^{2,3} Ett exempel på detta är en vägg bestående av 7 eller 10 cm oputsad lättbetongplank, som på bägge sidor förses med 1/2" höga regler på ett avstånd av minst 50 cm. På reglarna fästs lätta, böjelastiska skivor av exempelvis 1/2" gipsskivor. Som framgår av fig. 8 kan man med en sådan konstruktion nå isoleringsvärden över 50 dB. Fördelen med den låga väggvikten är ju uppenbar, men konstruktionen är dessutom mycket okänslig för varierande arbets kvalitet, eftersom ljudbryggor mellan beklädnadsskivor och »kärnvägg» ju redan finns via reglarna utan att isoleringen dock försämras. Beklädnaden med lätta skivor på regler är också användbar vid förbättring av befintliga väggar eller bjälklag med otillfredsställande isolering.

För att en beklädnad av denna s. k. strålningsminskande typ skall medföra god isoleringsökning fordras, att skivorna är böjelastiska, att minsta möjliga förbindelse förekommer mellan skivorna och kärnkonstruktionen och att förbindelsen icke medför någon väsentlig ökning av styvheten hos skivorna. Reglarna bör därför vara höga och smala och placeras med största möjliga c/c-avstånd – minst 50 cm – i antingen horisontal- eller vertikalled, men icke bådadåder, i vilket fall skivorna får en olämplig ökning av styvheten. Denna delvis fria montering av de böjelastiska skivorna är en förutsättning för att isoleringsökning skall erhållas. Placeras skivorna däremot direkt mot kärnväggen utan luftmellanrum, når man ingen förbättring. Vissa beklädnadstyper kan t. o. m. åstadkomma isoleringsminskning, om reglarna uteslutas. Ett exempel på detta är en 15 cm betongvägg, som förses med putsade träullsplattor utan regler.^{10, 11} En sådan beklädnad minskar väggens isolering från 50–52 dB till under 45 dB. Orsaken till detta fenomen är att den putsade träullsplattan på en tung eller styv vägg kan betraktas som en fjäder, belastad med en massa. Beklädnaden verkar därför som ett resonanssystem, som medför större kraftpåverkan på den tunga väggen liksom en förstärkning av svängningarna, som lämnar denna senare, se fig. 9. Vid en tjocklek av 1/2–1" hos träullsplattan och ca 1,5 cm puts ligger isoleringsminskningen inom frekvensområdet ca 600–2 000 Hz och blir därför mycket märkbar för taltransmissionen. Vid riktig placering av träullsplattorna, dvs. på regler, kan man däremot vinna en avsevärd isoleringsökning.

I Tyskland är det för övrigt mycket vanligt att utföra lätta mellanväggar av putsade träullsplattor med luftmellanrum.¹⁰ Fig. 10 visar de stora möjligheter

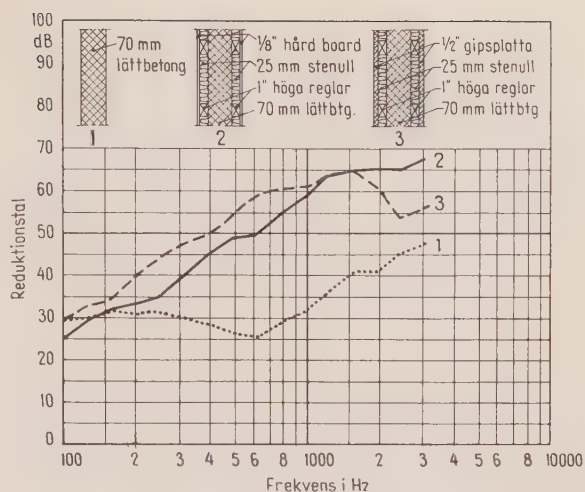


Fig. 8. 7 cm lättbetongvägg med strålningsminskande beklädnad av 1/8" hård board resp. 1/2" gipskivor på 1" höga regler. 25 mm stenullsmatta. Medelisolering inom 100–3 200 Hz: för 1 34 dB för 2 49 dB för 3 52 dB

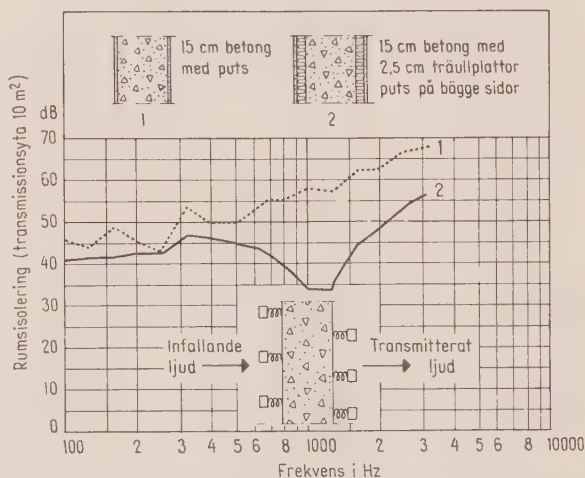


Fig. 9. 15 cm betongvägg med beklädnad av putsade träullsplattor. Diagrammet visar isoleringen med och utan beklädnad (medelvärden 44 resp. 54 dB). Beklädnaden förstärker genom massa — fjäder — resonans det ljudtryck som når betongväggen och ökar svängningsamplituden hos de svängningar som lämnar väggytan

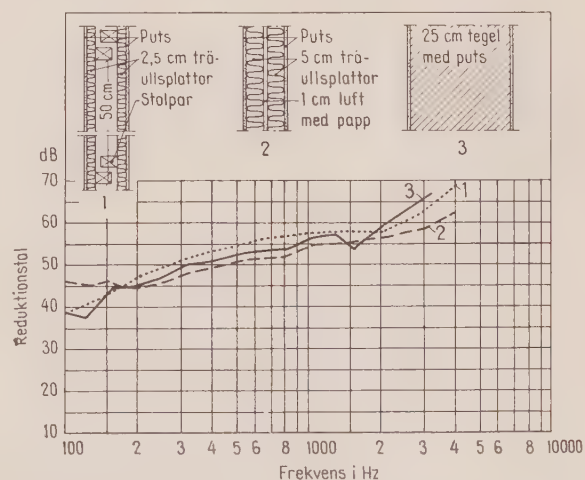


Fig. 10. Lätta dubbelväggar av putsade träullsplattor. 1. 2,5 cm plattor på skilda stolpsystem. Vikt 70 kg/m². Medelisolering 52 dB. (Gösele.) 2. 5 cm plattor på 1 cm avstånd med papp som skydd mot ljudbryggor av bruk. Vikt 85 kg/m². Medelisolering 50 dB. (Gösele.) 3. 25 cm tegel med puts. Vikt 460 kg/m². Medelisolering 52 dB

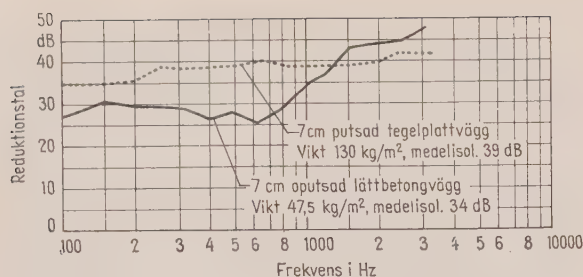


Fig. 11 a

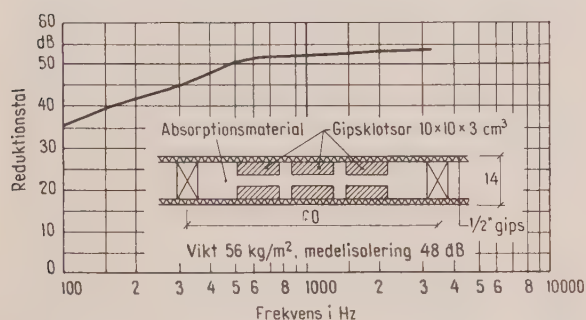


Fig. 11 b (Gösele) (1)

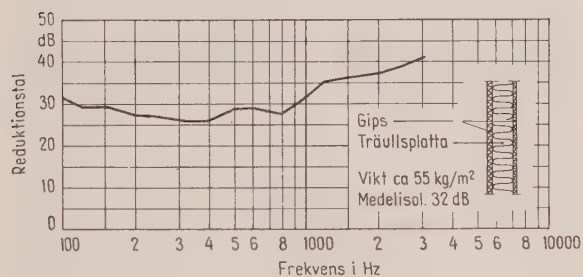


Fig. 11 c

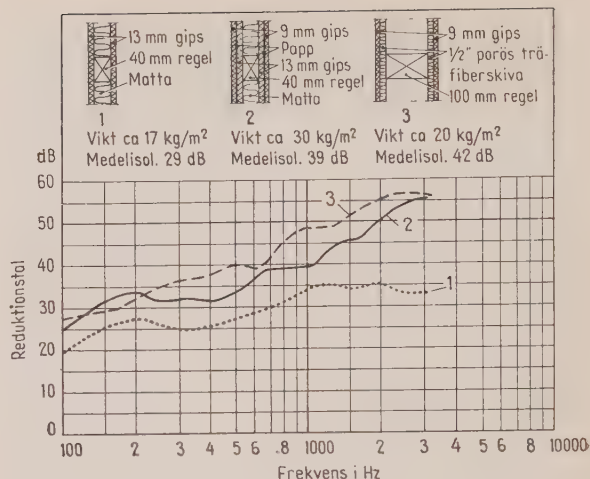


Fig. 11 d

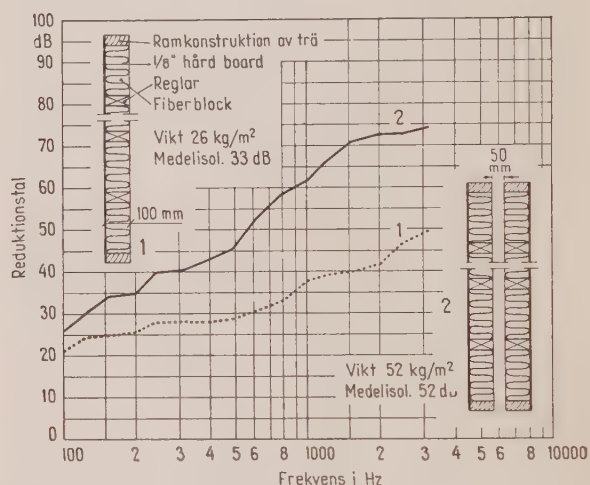


Fig. 11 e

Ovan t. h. och t. v: Fig. 11 a, b, c, d och e. Några olika typer av rumsskiljande väggar och deras isolering

sådana konstruktioner skapar för att nå hög isolering med mycket låg väggvikt. I stället för puts som tätningssmaterial kan också gipsbeklädnad tillämpas på trällsplattorna, en metod, som är bättre anpassad till elementbygge.

Rumsväggar

För rumsväggar har man för närvarande inga direkta ljudisoleringskrav. Inom en lägenhet är det nämligen i regel dörrar eller ventilationsspringor, som dimensionerar ljudisoleringskraven i högre grad än rumsväggarna – oftast är nivåskillnaden mellan rum i samma lägenhet endast omkring 25 dB på grund av den stora transmissionen genom dörrar och springor. Man brukar därför för rumsväggar kunna acceptera konstruktioner med reduktionstal av 30–35 dB inom 100–3 200 Hz. Vid större lägenheter förekommer dock att man vill isolera t. ex. ett arbetsrum väl mot övriga rum – ett sådant önskemål kan tillfredsställas blott, om man väljer väggarna kring rummet med re-

duktionstal minst 40 dB och tager vittgående hänsyn till frågan i lägenheternas planlösning.

I det traditionella bygget har rumsväggarna i regel utförts som enkla plattväggar, vilka också ur ljudsynpunkt varit tillfredsställande, eftersom isoleringen uppgår till 34–39 dB. Väggtypen är emellertid mindre lämplig vid elementbygge, där den i stor utsträckning ersatts med våningshöga lättbetongelement utan puts. Sådana väggar har vid tjockleken 7 eller 10 cm en medelisolering av 34–35 dB, dvs. något lägre än för den putsade plattväggen men knappast så låg att den icke är acceptabel med hänsyn till övrig ljudtransmission inom en lägenhet se fig. 11 a. Se dock anmärkningen om denna väggtyps flanktransmitterande egenskaper i avsnittet om lägenhetsskiljande väggar! Av samma figur framgår egenskaperna hos några olika väggtyper som är användbara som rumsväggar. Även helgjutna betongplattor är givetvis en lösning, eftersom man vid betongtjockleken 6 cm kan förvänta en medelisolering av ca 40 dB för en oputsad vägg.

Ytterväggar

Man kanske ställer sig frågande inför att ytterväggens konstruktion tages upp till behandling i samband med ljusisoleringsfrågor. Emellertid kan ytterväggens ljudisoleringsegenskaper vara av betydelse i flera sammanhang. Om väggen sålunda är mycket lätt, kan man riskera att isoleringen mot utomhusbuller blir lägre än vad som betingas av fönsterkonstruktionen – den senare är ju för en konventionell bärande yttervägg helt bestämmande för den resulterande isoleringen mellan lägenhet och gata. Man bör alltså undersöka extremt lätta ytterväggars isolering för att försäkra sig om att man icke får lägre värden än vad som nås genom fönstren.

En annan och kanske viktigare fråga är ytterväggens förmåga att leda ljud kring mellanväggar och -bjälklag, flanktransmission. Om ytterväggen närmast lägenheten består av t. ex. en tunn panel som fortsätter obruten över lägenhetsskiljande väggar eller bjälklag, blir rumsisoleringen mellan berörda rum låg, oberoende av hur bra mellanväggar eller bjälklag man valt. Vid anslutning mellan yttervägg och lägenhetsskiljande element kan man också riskera att få springor eller andra otätheter som bidrager till ökad flanktransmission och därmed lägre rumsisolering än vad man beräknar med ledning av väggarnas eller bjälklagens konstruktion. Några synpunkter skall lämnas på dessa frågor.

Vi ägnar oss först åt frågan beträffande isoleringen mot gatan. Den traditionella ytterväggen av betong, lättbetong, tegel etc. med värmeisolerande skikt har en luftljudsisolering av 45–50 dB. Fönsterpartiet har normalt en isolering av storleksordningen 30 dB. Det blir alltså vid sådana ytterväggskonstruktioner i första hand fönstrets isolering och dess relativa yta som bestämmer den resulterande isoleringen.

Med de nya, lätta ytterväggskonstruktionerna ändras bilden något. Med en dubbelkonstruktion av två lätta paneler på gemensam regelstomme och med värmeisolerande mellanskikt är det icke lika självklart att *enbart* fönstrets egenskaper bestämmer den resulterande isoleringen. Låt oss först undersöka vilket reduktionstal man kan förvänta av en sådan lätt yttervägg.

Om man tänker sig att väggen enligt fig. 12 A består av endast innerpanelen, t. ex. 13 mm gipsskivor, på en regelkonstruktion, men utan det värmeisolerande materialet, får den ett reduktionstal av i medeltal 28 dB (inom 100–3 200 Hz). När man lägger in ett värmeisolerande poröst material, ökas väggens reduktionstal proportionellt mot isolermaterialets tjocklek. Placerar man en 10 cm isolerskiva av stenull bakom gipspanelen, ökar konstruktionens reduktionstal till i medeltal 40 dB enligt fig. 12 B.

Man skulle vänta att isoleringen ökar när man kompletterar med en tät panel mot reglarnas yttresidor. Enligt fig. 12 C faller konstruktionens isolering till omkring 35 dB. Förklaringen till detta fenomen är enkel: ljud som träffar den inre eller yttre panelen fortplantas via den gemensamma regelkonstruktionen och »kringgår» alltså den tjocka isolerskivan. Det är därför en fördel att öppna ytterpanelen för

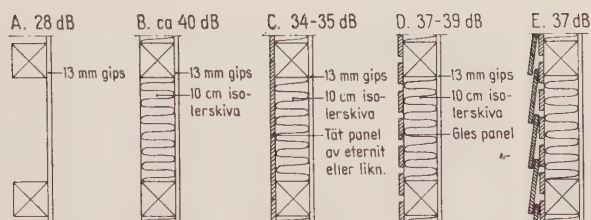


Fig. 12. Ytterväggsselement och deras luftljudsisolering

ljudet genom att förse den med springor. Som framgår av fig. 12 D ökar denna »punktering» av ytterpanelen medelisoleringen till 37–39 dB. *Det är alltså vid lätta väggar med tjock isolerskiva – dvs. minst 8–10 cm – en fördel att använda en gles ytterpanel i stället för en tät.* Den glesa ytterpanelen är ju också förmånlig ur en annan synpunkt eftersom man genom luftning hindrar kondens i mellanskiktet.

Man ser alltså att en yttervägg av lätt konstruktion kan ge en medelisolering av 37–39 dB. Hur är detta värde nu avstämt med fönsterpartiets isolering?

Fönsterpartiets ljudisolering har redovisats i annat sammanhang.⁹ Sammanfattningsvis gäller att isoleringen hos enkelglas ökar med tjockleken: 2 mm glas har reduktionstalet 25 dB, 4 mm har 27 dB och 8 mm ca 29 dB. Tjockleksökning från 2 till 8 mm medför alltså en isoleringsökning av endast 4 dB, vilket delvis är märkbart.

För fönster med dubbla glas gäller att isoleringen ökar med avståndet mellan glasen och glastjockleken. För att nå ett värde av ca 35 dB, måste man vid 2 mm glas ha ett avstånd av över 20 cm. Vid 3 mm glas når man samma isolering vid avståndet ca 12 cm, och vid 4 mm glas kan man klara sig med avståndet 9 cm. I den vanliga dubbelkonstruktionen är glasavståndet mellan 2 à 3 mm tjocka glas endast ca 32 mm. Konstruktionen ger därför en isolering av endast 27 dB, dvs. ungefär samma isolering som ett enda glas med en tjocklek av 4 mm.

Av värmeisoleringshänsyn använder man numera ofta 3-glasfönster och väntar då att man skall vinna ökad ljudisolering. Vid de konstruktioner, som f. n. finns i marknaden, vinner man emellertid inga fördelar med det extra glaset. För att nå ökad isolering med ett 3-glasfönster, måste konstruktionstjockleken vara extremt stor, t. ex. över 15 à 20 cm, och man vinner då endast en isoleringsökning av storleksordningen 2–3 dB. Vid förekommande standardkonstruktioner med två eller tre glas och normal tjocklek kan man alltså påräkna en medelisolering mot luftljud av endast ca 27 dB.

Ljudisoleringen mellan ljudkällor utomhus och lägenheterna sammansättes av fönsterpartiets och fasadväggens reduktionstal. Om man förutsätter att fönstret utgör 25 % av väggytan och har reduktionstalet 27 dB, kan man lätt beräkna den resulterande isoleringen vid olika ytterväggskonstruktioner.

I fig. 13 visas den resulterande isoleringen vid ytterväggskonstruktioner med olika reduktionstal. Kurvan märkt 27 dB visar kombinationen 25 % fönsteryta med reduktionstal 27 dB – alltså ett vanligt per-

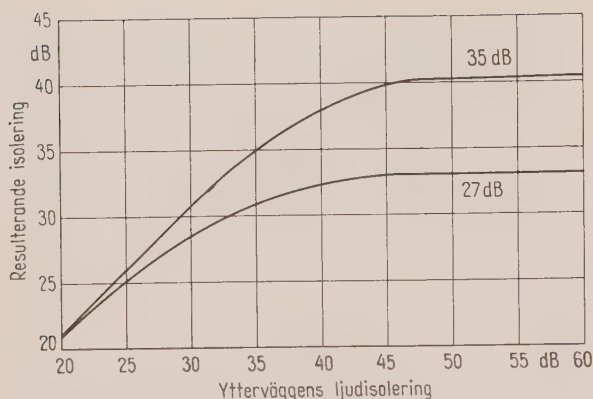


Fig. 13. Resultande isolering för ytterväggen med 25 % fönster och 75 % vägg

spektivfönster – och 75 % yttervägg med olika reduktionstal. Man ser att när ytterväggens reduktionstal överstiger omkring 40 dB är det uteslutande fönstret som bestämmer den resulterande isoleringen, som då uppgår till 33 dB. När ytterväggens isolering minskar till 35 dB, faller resulterande isolering till omkring 31 dB, alltså med ca 2 dB. Man börjar alltså få en märkbar minskning av ljudisoleringen mot gatan, om ytterväggens reduktionstal faller under ca 35 dB vid den gjorda förutsättningen beträffande ytproportionen.

Om man i vissa fall eftersträvar högre isolering mot gatan och därför använder fönster med speciella konstruktioner, kan man som nämnts nå ett reduktionstal av omkring 35 dB. Vid ytterväggar med reduktionstal över 45 dB blir det återigen fönstret som bestämmer den resulterande isoleringen – denna kan vid 25 % fönster och 75 % yttervägg icke överstiga ca 41 dB enligt fig. 13, hur bra man än gör ytterväggen. Placerar man ett sådant specialkonstruerat fönster i en lätt yttervägg med reduktionstal 35 dB, kan den resulterande isoleringen icke överstiga 35 dB. De lätta, värmeisolerande ytterväggarna medför alltså i sådana fall en begränsning av isoleringen mot gatan, som man icke kan kompensera för med bättre fönster.

Vi vänder oss därefter mot det viktigare problemet, att hindra flanktransmission via den lätta ytterväg-

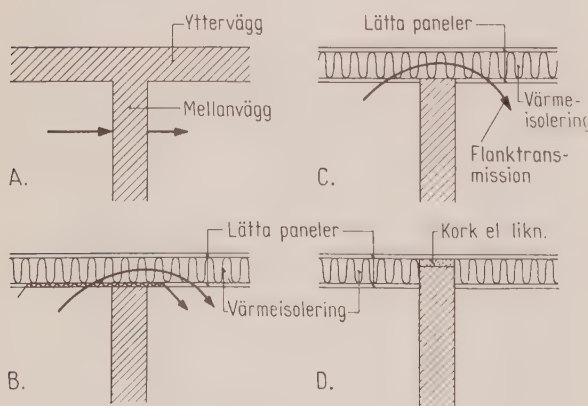


Fig. 14. Anslutning av mellanvägg till yttervägg

gen. Vilka egenskaper skall väggen ha för att man skall få minsta möjliga flanktransmission?

Flanktransmissionen via ytterväggen kommer till stånd, då väggen träffas av ljudet i rummet. Härvid försättes väggskivan i svängning med en amplitud som i första hand beror på ljudets styrka och skivans tyngd – ju större styrka och ju lättare skiva desto större svängningsamplitud. Svängningsrörelsen fortplantas i fasadväggen fram till skärningen med väggar eller bjälklag, där en amplitudminskning kan uppkomma beroende på hur dess anslutningar sker. Efter det att svängningsrörelsen passerat väggarna eller bjälklagen kan det avstrålas som ljud till bakomvarande rum. Det gäller här i stort sett att avstrålningen sker obehindrat från en tjock och därmed styv, tung konstruktion. Viss strålningsminskning kan nås för en böjelastic skiva. För att åstadkomma små väggamplituder är det alltså förmånligt att välja väggskivorna tunga, dvs. tjocka, men då får ljudet samtidigt goda möjligheter att avstrålas från konstruktionen efter passage av skärningen mellan bjälklag eller väggar. Vid tunna väggbeklädnader får man däremot stora amplituder, men detta motverkas av att strålningen blir dålig. Härtill kommer, att de tunna väggbeklädnaderna medför att reflexer uppstår vid skärningspunkter med väggar och bjälklag och man får därmed ett extra isoleringstillskott. Man får därför minst lika goda möjligheter att hindra flanktransmission vid extremt tunna väggbeklädnader som vid tunga, konventionella ytterväggskonstruktioner.

Gösele har påvisat att den ogynnsammaste tjockleken hos flankerande obrutna stenkonstruktioner är 10 cm.⁶ Vid större tjocklek minskas flanktransmissionen på grund av konstruktionens större tyngd, dvs. mindre svängningsamplitud. Vid mindre tjocklekar minskas flanktransmissionen på grund av att väggskivan strålar mindre ljud. Det är kanske detta förhållande som gjort att stålskelettbyggnader fått sådant vanrykte ur ljudisoleringssynpunkt.

Fig. 14 visar schematiskt hur tätningen vid anslutning mellan yttervägg och mellanbjälklag eller -väggar inverkar på ljudisoleringen. Det väsentliga är här att man får god lufttätning samtidigt med att en eventuell lätt innerbeklädnad icke fortsätter obruten förbi det lägenhetsskiljande elementet. Någon svårighet att få god tätning i samband med byggnadens färdigställande torde väl knappast finnas; man bör emellertid också räkna med framtida sprickbildning på sådana ställen och exempelvis motverka den minskade ljudisoleringen genom att införa porösa tätningsmaterial.

BJÄLKLAG

Genom att anpassa planlösningen efter en byggnads »bullerkarta» kan man ofta klara sig med mellanväggar med isoleringsvärden omkring minimivärdet utan att större risk för ljudproblem behöver befaras. Någon liknande anpassning är knappast möjlig för bjälklagen. Redan av denna anledning måste man ägna stor omsorg åt bjälklagens ljudisolering.

Samtidigt skall man tänka på att bjälklagen – som ju alltid är lägenhetsskiljande – i regel har större transmissionsyta än mellanväggarna. Bjälklagens reduktionstal måste därför väljas högre än väggarnas för att rumsisoleringen mot luftljud i byggnadens vertikalled skall bli lika stor som i horisontalled.

Bjälklagen måste dessutom konstrueras så att god isolering erhålles mot stegljud. Vid betongbjälklag är det framförallt övergolvet och golvbeläggningen som måste väljas med hänsyn till stegljudsisoleringen.

För att bedöma ett bjälklags ljudisolering kan man lämpligen schematiskt indela konstruktionen i följande element: den *bärande delen*, *övergolvet* och *golvbeläggningen*. I vissa fall tillkommer av olika skäl ett *undertak*, som också är av betydelse för ljudisoleringen.

Hos *massiva betongbjälklag* bestämmes luftljudsisoleringen primärt av den bärande betongplattans tjocklek, men däremot inverkar överkonstruktionen eller golvbeläggningen obetydligt på rumsisoleringen. När plattjockleken uppgår till minst 14 cm har ett sådant bjälklag ett reduktionstal över 50 dB och man har alltså god säkerhet för att rumsisoleringen icke skall underskrida 48 dB.

På senare tid har betongbjälklag av typ *hålbalks-bjälklag* börjat bli aktuella. Även konstruktioner med *tunna plattor på bärande balkar*, t. ex. Erge-bjälklag, har funnit större användning. Sådana bjälklag har emellertid lägre ljudisolering än massivbjälklagen, vilket kanske bäst illustreras av att det f. n. icke finns någon bjälklagstyp av dessa typer som utan speciella åtgärder – t. ex. flytande övergolv eller ljudisolerande undertak – kan fylla gällande isoleringskrav. Även om ett hålbalks-bjälklag har så hög vikt som exempelvis 300 kg/m², kan dess luftljudsisolering mycket väl vara så låg som 40–45 dB, dvs. omkring 10 dB lägre än för ett massivbjälklag med samma vikt. En så stor isoleringsminskning måste man kompensera för med hjälp av ett särskilt undertak liksom en stegljudsisolerande övergolvskonstruktion blir nödvändig. Det är självklart att man på detta sätt ofta förlorar de fördelar som de lätta konstruktionerna i övrigt erbjuder ur många andra synpunkter, t. ex. lättheten i hantering och möjlighet att bygga in rörinstallationer i den bärande konstruktionen.

För alla bjälklagskonstruktioner med ojämn vikt-fördelning gäller i övrigt att man icke kan använda ett medelvärde för areavikten till att beräkna ljudisoleringen – den avläses ju för homogena enkelkonstruktioner direkt av viktcurvan. För ett bjälklag med bärande balkar och tunna plattor skall man sålunda vid beräkning av isoleringen endast begagna sig av vikten hos plattorna, men icke av balkvikten. För ett hålbalks-bjälklag är frågan mera komplicerad, eftersom avståndet mellan »balkarna» är mycket litet, och man är därför här helt hänvisad till experimentella undersökningar för varje ny bjälklagstyp.

Av bjälklagens olika delelement är alltså den bärande konstruktionen viktigast för luftljudsisoleringen, men även undertaket har inverkan. Ett direkt behov av undertak uppstår dock endast om bjälklagsplattan är extremt tunn, dvs. under 12–14 cm, eller då bjälklaget består av hålbalkar eller tunna betongplattor på balkar. Med undertak av strålningsmins-

kande typ som i fig. 8 kan man nå en isoleringsförbättring av omkring 10 dB. Denna förbättring är så stor, att det blir möjligt att använda mycket lätta, bärande konstruktioner, såsom exempelvis oputsade lättbetongplattor.

Bjälklagets *stegljudsisolering* bestämmes av den samlade vikten och av överkonstruktionens samman-sättning. För massiva bjälklag med minimitjockleken 14 cm är stegljudsisoleringen dock endast mycket svagt beroende av plattjockleken – ökning från 14 till över 20 cm medför så liten isoleringsökning att den knappast kan konstateras i en färdig byggnad. Hålbalks-bjälklag eller bjälklag med bärande balkar och mellanliggande tunna plattor har enligt tyska undersökningar lägre stegljudsisolering än massiv-plattkonstruktioner.¹² Svenska undersökningar angående bjälklags stegljudsisolering av mera generell omfattning saknas ännu.

Innan överkonstruktionens inverkan på stegljudsisoleringen omtalas skall anföras att ett undertak naturligtvis också kan vara en lösning, när man vill nå hög stegljudsisolering hos ett bjälklag liksom fallet var för luftljudsisoleringen. Ett undertak kan emellertid icke alltid förväntas åstadkomma stor stegljudsminskning, vilket ju sammanhänger med att ljudet kan fortplantas till väggarna, varifrån det strålas i lika stor omfattning, oavsett om bjälklaget är försett med undertak eller ej. Det är därför bättre att lösa stegljudsisoleringen genom att anordna stegljudsdämpande beläggningar på bjälklagets översida och sålunda hindra att ljudet tränger in i byggnadskonstruktionen. Det primära för bjälklagets stegljudsisolering är därför hur överkonstruktion och övergolv är sammansatta.

I det traditionella bygget består överkonstruktionen i regel av en överplatta av betong, lättbetong eller liknande på något slag av fyllning, vari bl. a. värmeledningsrör skall kunna framdragas. Som golvbeläggning använder man antingen linoleum etc. eller parkett. Överkonstruktioner av dessa typer har stegljudsisolering som tillfredsställer ett normalt behov – isoleringen uppgår till högst ca 60 dB enligt BABS-metoden. Då särskilda krav ställes har man använt s. k. flytande övergolvskonstruktioner med isolermatta i stället för fyllning – isoleringsvärden om ca 75 dB blir därmed möjliga.

Erfarenheterna med de traditionella, flytande överkonstruktionerna, bestående av överplatta som gjutes på matta, har emellertid icke varit goda – det visar sig, att flertalet flytande golv är gjutna så att kontakt förekommer mellan över- och underplatta och isoleringen minskas då till värdet svarande mot den bärande konstruktionens, dvs. icke ens godtagbart. Denna typ av flytande golv är därför användbar blott då man kan förutsätta synnerligen god arbetskvalitet och -kontroll.

En modifikation är att använda ett 2–4 cm sandskikt mellan mattan och överplattan. Sandskiktet medför då en mindre ökning av stegljudsisoleringen. Av större betydelse är emellertid att det skyddar mattan för åverkan då överplattan gjutes och att det minskar den skadliga inverkan av eventuella kontakter mellan bärande platta och överkonstruktion.

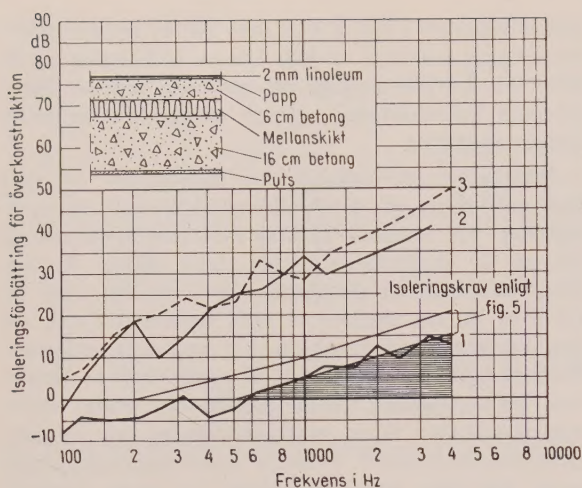


Fig. 15. Flytande golv. Sand anges ofta som ett alternativ till en isolermatta mellan över- och underplatta. I själva verket är det avsevärd skillnad på stegljudsisoleringen i de båda fallen. Kurva 1 visar isoleringen vid mellanskikt av 4 cm sand. BABS-värde 53–54 dB alltså icke godtagbart. Kurva 2 visar isoleringen för samma bjälklag men med 2,5 cm isolermatta. BABS-värde 75 dB. Användas däremot både sand och matta ökar man säkerheten mot kontakter mellan över- och underplatta — kurva 3 visar isoleringen i detta fall, BABS-värde 75–76 dB. Till jämförelse: isoleringskrav enligt fig. 5

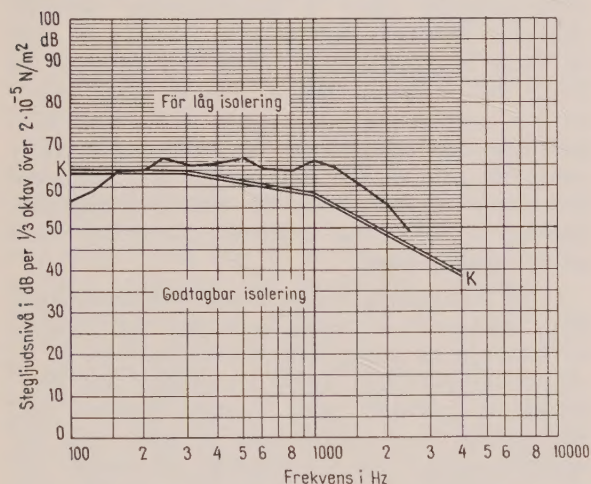


Fig. 16. Stegljudsisolering hos oputsat 15 cm betongbjälklag med övergolv av 0,8 cm asfalt, 4,2 cm betong, 2 mm papp samt 2 mm linoleum. BABS-värde 50–51 dB. Isoleringen är icke godtagbar. Kurvan K är minimikravet i Västtyskland

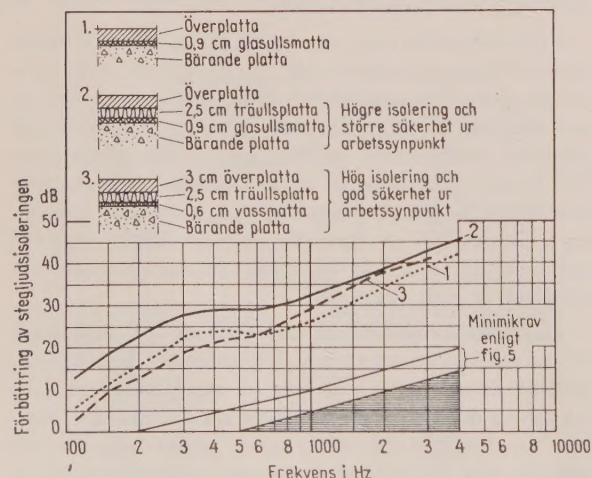


Fig. 17. Modifikationerna av flytande övergolv (Gösele)

Fig. 15 visar isoleringen hos ett flytande golv med matta resp. sand och matta. Använder man *enbart* sand, vinner man däremot mycket liten isoleringsförbättring, vilket också framgår av fig. 15. Ett mellanskikt av asfalt är också olämpligt, vilket fig. 16 visar.

På senare tid har man, främst i Västtyskland, gjort teoretiska och experimentella undersökningar av vilka egenskaper mellanskiktet skall besitta för att stegljudsisoleringen skall bli optimal.⁷ Av undersökningarna framgår att överkonstruktionens stegljudsförbättring blir större ju mjukare mellanskiktet är och ju tyngre överplatta, vilket man ju också inser omedelbart. Överplattans tjocklek och därmed dess tyngd bestäms i regel av andra skäl än akustiska, främst av kravet på hållfasthet, och tjockleken blir vanligen omkring 5 cm. Avgörande för stegljudsförbättringen blir därför mellanskiktets styvhet, ett faktum, som man också känt till sedan länge. Det intressanta är nu, att denna styvhet i mycket hög grad influeras av den inneslutna luftmassans styvhet. Vid en skiktjocklek av 10 mm — dvs. som vid användning av en 25 mm matta — bidrager luftmassan sålunda med en styvhet av 1,5 kg/m³, isolermattan med 0,1–0,4 kg/m³, och den totala styvheten blir 1,6–1,9 kg/m³. Man skulle alltså vid denna skiktjocklek kunna acceptera större styvhet hos isolermaterialet utan att förlora i stegljudsisolering. Vanliga isolermattor är dessutom så mjuka, att de icke väl motstår den mekaniska åverkan som uppstår i samband med gjutning av överplattan och man är därför intresserad av andra materialkombinationer för att öka arbetssäkerheten utan att stegljudsisoleringen blir lägre. Det gäller tydligen att hitta ett material, som har god mekanisk resistens mot åverkan och har porös struktur. Kombinerar ett sådant material med en vanlig isolermatta, uppnår man alltså att luftstyvheten blir liten — eftersom materialporerna ökar luftvolymen och därmed minskar luftstyvheten — och att arbetssäkerheten blir stor. Man kan då nå större isolering än vad som är möjligt med enbart matta. Ett lämpligt täckmaterial är träullsplattor med en tjocklek av t. ex. 25 mm. I fig. 17 visas stegljudsförbättringen¹⁰ med ett övergolv med enbart isolermatta resp. isolermatta och träullsplatta — det senare övergolvet har som väntat högre isolering och är givetvis bättre ur arbetssynpunkt.

Intressant är nu, att man kan ersätta isolermattan med andra material som tål den mekaniska åverkan bättre. Anbringar man sålunda träullsplattan på en ojämn betongyta eller ännu bättre på en vassmatta, utnyttjar man materialstrukturens elasticitet och god stegljudsisolering kan nås.¹⁰ I fig. 17 visas sålunda att kombinationen 25 mm träullsplatta på 6 mm vassmatta medför praktiskt taget lika hög stegljudsisolering som de konventionella skikten med enbart isolermatta och säkerheten mot ljudbryggor bör utan tvekan vara god.

Vid elementbygge ställer man emellertid krav på att bjälklagskonstruktionen skall vara enkel att applicera; bl. a. vill man helst undvika överplatta och i stället lägga golvbeläggningen direkt på den bärande konstruktionen. Kan man nu fylla stegljudskravet med sådan direkt golvbeläggning utan att använda överplatta?

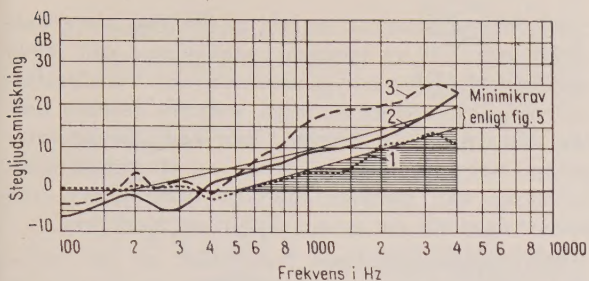


Fig. 18. Stegljudsisolering för 4 mm tjock linoleummatta med och utan underlag av papp.

1. Enbart 4 mm korklinoleum. BABS-värde vid 16 cm betongplatta: 53—54 dB.

2. 4 mm korklinoleum + 2 mm papp. BABS-värde vid 16 cm betongplatta: 54—55 dB.

3. 4 mm korklinoleum + 2 skikt 2 mm papp. BABS-värde vid 16 cm betongplatta: 58—60 dB.

Beläggning 1 är icke godtagbar för något bjälklag; nr 2 är på gränsen till godtagbarhet, när bärande bjälklaget är minst 16 cm tjockt. Nr 3 är godtagbart även vid något tunnare betongplattor

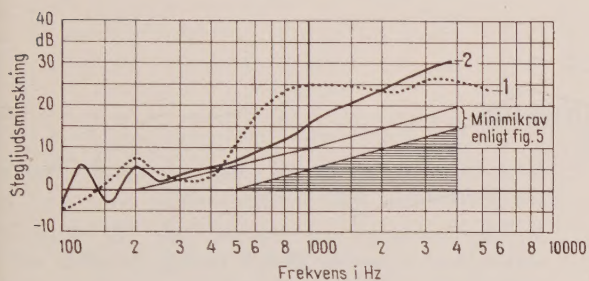


Fig. 19. Stegljudsisolering hos golvbeläggningar.

1: 10 mm kork + 2 mm papp + 3,2 mm linoleum. BABS-värde vid 16 cm betong: 60—62 dB

2: 2 mm kork + 2 mm papp + 2 mm linoleum. BABS-värde vid 16 cm betong: 60—62 dB

Bägge beläggningarna fyller stegljudskrav även för 12—14 cm oputsade betongplattor

För att en golvbeläggning skall öka stegljudsisoleringen måste den ha hög elasticitet — det räcker icke att man använder ett elastiskt material utan man måste också använda det så att fjädringen blir stor vid den givna belastningen.⁸ Det visar sig att en golvbeläggningens styvhet per ytenhet skall ligga inom området 100—500 kg/cm³, om väsentlig stegljudsisolering skall kunna nås — vid en beläggningstjocklek av 2 cm motsvaras detta av en elasticitetsmodul av 200—1 000 kg/cm². Detta innebär, att man vid en belastning av 20 kg/cm² fordrar en hoptryckning av omkring 1 mm. Flertalet beläggningmaterial tål naturligtvis icke en sådan deformation utan att förstöras. Hög stegljudsisolering och god hållbarhet är alltså svårt att förena och man måste i praktiken söka sig fram med kompromisslösningar. Fig. 18 och 19 visar vad som kan nås med hjälp av mjuka skikt mellan en linoleummatta och det bärande bjälklaget.

På senare tid har bl. a. från Tyskland importerats porösa beläggningmaterial avsedda att gjasas som

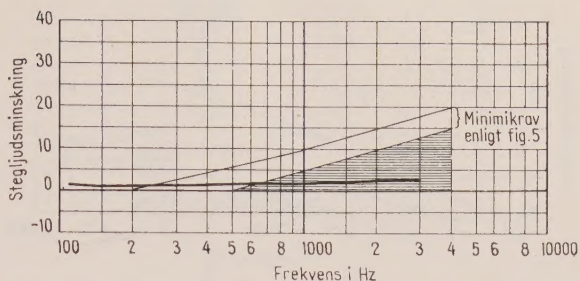


Fig. 20. Inverkan på stegljudsisoleringen av ett 2 cm skikt av porös betong av specialsammansättning. Isoleringsvinsten är försumbar. (Gösele)

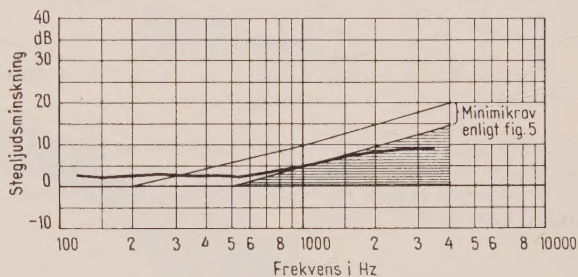


Fig. 21. Inverkan på stegljudsisoleringen av 2 cm asfalt direkt på ett massivbjälklag. Trots asfaltens höga inre dämpning är isoleringsvinsten obetydlig. (Gösele)

avjämningsskikt på betongplattor. Det anges att sådana material skall kunna öka stegljudsisoleringen väsentligt på grund av mjukheten. Materialen har måhända goda byggnadstekniska egenskaper i övrigt, men någon inverkan av betydelse på stegljudsisoleringen har de hittills undersökta materialen dock icke. Fig. 20 visar efter ett tyskt undersökningsresultat⁸ inverkan av ett 4 cm avjämningsskikt av denna typ — det påverkar stegljudsisoleringen obetydligt. Detta är också i överensstämmelse med svenska erfarenheter. För att sådana material skall kunna öka stegljudsisoleringen fordras som anförts så stora intrycksdeformationer att de icke skulle vara praktiskt användbara som underlag under t. ex. linoleummattor.

Man väntar sig kanske att beläggningsskikt med hög inre dämpning skulle vara lämpliga för att minska stegljudet. Detta är emellertid icke fallet som också framgår av exemplet med asfaltbeläggningen i fig. 21.

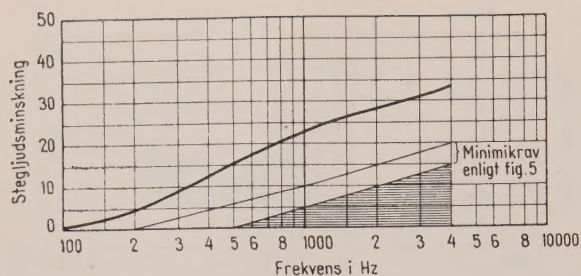


Fig. 22. Stegljudsisolering hos flytande parkettgolv: 1" parkett på 1" reglar c/c 33 cm, som vilar i 1 cm sand + 2,5 cm isolermatta. Vid 16 cm betong med puts blir BABS-värdet 68—70 dB. Konstruktionen godtagbar för alla typer massivbjälklag.

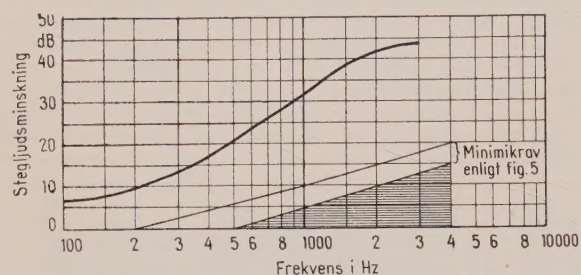


Fig. 23. Stegljudsisolering hos flytande parkettgolv på 2,5 cm träullsplatta, 1 cm mjuk matta samt 1 cm sandavjämning. BABS-värde på 16 cm putsad betong: 70—75 dB. Godtagbar för alla förekommande massivbjälklag. (Gösele)

Vid beläggning med parkett har man möjlighet att nå mycket hög stegljudsisolering utan att behöva gjuta en extra överplatta. Ett sätt är att belägga den bärande plattan med en 10–20 mm isolermatta samt ett avjämningskikt av sand i vilket parketten lägges direkt. Som framgår av fig. 22 kan ett sådant golv på en 15 cm oputsad betongplatta medföra en stegljudsisolering av ca 70 dB. Använder man däremot enbart ett sandskikt utan matta, blir isoleringsvinsten för stegljud mycket liten. En annan metod, som tillämpats i Tyskland, är att lägga parketten på ett skikt av träullsplattor och matta.⁷ Enligt fig. 23 kan man få mycket god stegljudsisolering med ett sådant övergolv.

Anförda synpunkter beträffande bjälklagskonstruktioner och övergolv är avsedda blott för en allmän orientering men är naturligtvis icke tillfyllest för belysning av de många varierande frågeställningar, som uppkommer i praktiken. Omfattande undersökningsserier är emellertid planerade vid institutionen för byggnadsakustik, KTH, och kommer senare att redovisas i en specialrapport.

SLUTORD

Det föregående har endast varit en översikt av några av de frågor man ställes inför, när man skall projektera och bygga monteringsbara bostadshus. En hel del andra ljudisoleringsfrågor kan dock bli aktuella

i detta sammanhang, t. ex. val av lämpliga trappkonstruktioner, val av sanitära installationer och deras optimala placering i byggnadsstommen. Ventilations-systemet är ävenledes en fråga, som bör beaktas, dels med hänsyn till det brusljud som kan åstadkommas genom turbulens, dels på grund av att ventilationskanalerna kan medföra minskad ljudisolering. Till dessa frågor blir det senare tillfälle att återkomma.

Det förtjänar slutligen framhållas, att det rationaliserade huset, som monteringsbara byggnader utgör ur arbetssynpunkt, faktiskt kan medföra att ljudisoleringen på längre sikt kommer att bli bättre än i det konventionella huset, där för många arbetsprocesser överlättes åt slumpen och improvisationen på arbetsplatsen. Vid elementbygge har man också större möjlighet till experiment i samband med projekteringen än vid konventionella byggnader, där experimentkostnaden måste täckas av mindre produktionsenheter. Allt som allt synes det därför vara möjligt att skapa prefabricerade byggnader med synnerligen god ljudisolering, om man väl bevakar alla de faktorer, som inverkar på akustiken.

LITTERATUR

1. *Über die Schalldämmung von Leichtwänden*, K Gösele, Die Bauzeitung, Heft 6 und 7, 1951.
2. *Schallabstrahlung von Platten, die zu Biegeschwingungen angeregt sind*, K Gösele, Acustica, vol. 3 (1953), p. 243–248.
3. *Metod för ljudisolering av väggar och bjälklag*, Ove Brandt, Teknisk Tidskrift, 28 april 1953, s. 357–359.
4. *Der Einfluss der Biegesteifigkeit auf die Schalldämmung von Doppelwänden*, K Gösele, Acustica, vol. 4 (1954) p. 276–278.
5. *Die schalltechnischen Eigenschaften von Dämmschichten unter Parkettbelägen*, K Gösele, Parkett, Heft 7, (1954).
6. *Der Einfluss der Hauskonstruktion auf die Schall-Längsleitung bei Bauten*, K Gösele, Gesundheits-Ingenieur, Heft 17/18, p. 282–290, 1954.
7. *Neuere Wege zur Entwicklung von Trittschalldämmstoffen*, K Gösele, Gesundheits-Ingenieur, vol. 75 (1954) Heft 1/2, 3/4.
8. *Wann wirken Estriche schalldämmend?* K Gösele, Boden und Decke 4, (1954).
9. *Ljudisolering hos fönster och glaspartier*, Ove Brandt, Tekn. Tidskrift 84 (1954) s. 1129–1133.
10. *Die schalltechnischen Eigenschaften von Holzwolle-Leichtbauplatten*, K Gösele, Bericht der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart, dec. 1955.
11. *Rätt och fel användning av träullsplattor vid ljudisolering av väggar och bjälklag*, Ove Brandt, Byggnadsvärlden nr 14 (1956).
12. *Trittschall-Entstehung und Dämmung*, K Gösele, Acustische Beihefte, Heft 1, (1956) p. 67–72.